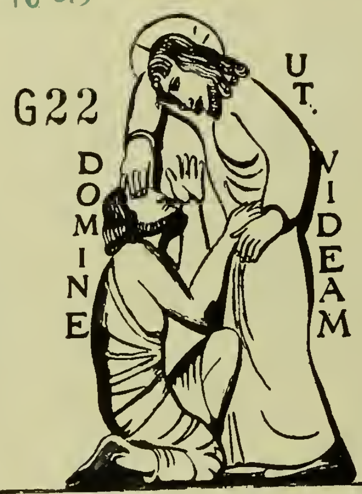
RAUBER-KOPSCH
LEHRBUCH
DER ANATOMIE

VIII. AUFLAGE

ABTEILUNG 1

ALLGEMEINER TEIL

Georg Thieme, Leipzig.


DOMINE
UT
VIDEAM

Deutsche Medizinische Wochenschrift.

Begründet von Dr. Paul Börner.

Redakteur: **Prof. Dr. Julius Schwalbe.**

Vierteljährlich 6 Mark. (Stud.-Abonn. 3 Mark.)

Die Deutsche Medizinische Wochenschrift hat sich während ihres 33jährigen Bestehens zu einem der angesehensten und verbreitetsten Fachblätter des In- und Auslandes entwickelt. Ihren Ruf verdankt sie in erster Linie ihren gediegenen **Originalaufsätzen.** In den bedeutungsvollsten Fragen hat sie durch ihre bahnbrechenden Arbeiten die Führung innegehabt, so namentlich auf dem Gebiete der Tuberkulose-, Diphtherie-, Cholera- und Syphilis-Forschung; sehr zahlreiche neue Mittel und Methoden der gesamten Heilkunde, die sich dauerndes Bürgerrecht in unserer Wissenschaft erworben haben, sind in der Deutschen Medizinischen Wochenschrift zuerst mitgeteilt worden. Zu ihren Mitarbeitern zählt die Deutsche Medizinische Wochenschrift die hervorragendsten Aerzte des In- und Auslandes.

Mit ihrem alle Zweige der Medizin umfassenden Inhalt ist die Deutsche Medizinische Wochenschrift eine Quelle fruchtbringender Belehrung sowohl für den lediglich wissenschaftlich arbeitenden Arzt wie für den Praktiker. Namentlich die Fortbildung des praktischen Arztes im Interesse seiner Berufstätigkeit zu fördern, betrachtet die Deutsche Medizinische Wochenschrift als ihre Hauptaufgabe; ihr dienen u. a. auch die von ersten Autoritäten verfaßten, fast in jeder Nummer veröffentlichten

Vorträge über praktische Therapie,

die in lehrbuchmäßiger Darstellung die verschiedensten Thema aus dem Arbeitsgebiet des praktischen Arztes knapp und kurz, ohne weitschweifige Erörterungen und ohne Literatur, abhandeln und sich des größten Beifalls in den Kreisen der Aerzte erfreuen.

Die **Literaturbeilage** enthält Bücherbesprechungen und Referate von über 70 in- und ausländischen Zeitschriften. Die Deutsche Medizinische Wochenschrift enthält unter allen Wochenschriften die reichhaltigste und am zweckmäßigsten angeordnete Literaturübersicht. Außerdem wird durch Sammelreferate die jüngste Literatur über aktuelle Themata, insbesondere aus dem Gebiete der Therapie, zusammengefaßt und so dem Leser ein vollständiges Bild von dem derzeitigen Stand der Forschung entrollt.

In der **Vereinsbeilage** gelangen die **offiziellen Berichte** sowie Originalberichte zahlreicher Vereine des In- und Auslandes zum Abdruck.

Von eigenen Berichterstattern werden die Verhandlungen der inländischen wie der internationalen **Kongresse** mit größter Schnelligkeit und Vollständigkeit veröffentlicht.

Eine sorgfältige Pflege wird der öffentlichen und privaten **Hygiene,** den Fortschritten auf dem Gebiete des deutschen Medizinalwesens, sowie der **sozialen Medizin** und den **Standesangelegenheiten** zuteil. Die wesentlichen **Entscheidungen des Reichsversicherungsamtes,** wichtige Urteile aus dem Gebiete der **ärztlichen Rechtspraxis,** die neuesten **technischen Erfindungen,** Neuerungen auf dem Gebiete der **Krankenpflege** werden von hervorragenden Fachmännern in zusammenfassenden Uebersichtsartikeln berichtet. Neue Gesetze, behördliche Erlasse, ärztliche Personalnotizen aus allen deutschen Staaten werden nach **amtlichen Mitteilungen** veröffentlicht.

Die **Kleinen Mitteilungen** geben Kenntnis von den wichtigsten ärztlichen Tagesereignissen; sie enthalten ferner Notizen über Kongresse, Hochschulnachrichten u. dgl.

Weiterhin erscheinen **Feuilletonartikel;** ständige auswärtige Korrespondenzen über das medizinische Leben des In- und Auslandes, medizinische Reiseschilderungen usw.

In dem Bestreben, den Abonnenten unserer Wochenschrift ständig mehr zu bieten, ist die illustrative Ausschmückung, die die Wochenschrift bisher schon — abgesehen von den wissenschaftlichen Abbildungen — durch die im Text reproduzierten **Porträts hervorragender Aerzte** erfahren hat, durch die

Beigabe von wertvollen Bildern aus der Geschichte der Medizin

in Form von **Kunstbeilagen** erweitert worden. Die Abonnenten der Wochenschrift werden also allmählich in den Besitz einer **Galerie von medizinisch-historischen Bildern** gelangen, deren Studium ein stets sich erneuerndes Interesse darbietet.

Die Deutsche Medizinische Wochenschrift erscheint wöchentlich in Nummern von 5—6 Bogen.

Bestellungen nehmen alle Buchhandlungen und Postämter entgegen.

Probenummern stehen postfrei zur Verfügung.

Abt. I.

Rauber's Lehrbuch

der

Anatomie des Menschen.

Neu bearbeitet und herausgegeben

von

Prof. Dr. Fr. Kopsch

Privatdozent und I. Assistent am Anatom. Institut der Universität Berlin.

In 6 Abteilungen.

Abteilung 1: **Allgemeiner Teil.**

Mit 234, zum Teil farbigen Abbildungen.

Achte Auflage.

LEIPZIG 1908.

Verlag von Georg Thieme

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

Vorwort.

Die wohlwollende Aufnahme, welche dem Lehrbuch auch in seiner neuen Gestalt zuteil geworden ist, macht die Ausgabe der achten Auflage notwendig. Dadurch bietet sich die Gelegenheit zu weiteren Umgestaltungen an Text und Abbildungen.

Die Ratschläge der Freunde und der Fachgenossen, die Kritik der Referenten, die Anregungen durch die Studierenden kommen in ausgiebigem Maße der Bearbeitung zugute. Möge es daran auch den kommenden Auflagen nicht fehlen.

In der achten Auflage sind die Ergebnisse der neueren Forschung gebührend berücksichtigt; einzelne Kapitel werden eine durchgreifende Umarbeitung erfahren. Mit neuen Abbildungen sollen diejenigen Teile des Lehrbuches ausgestattet werden, welche bei der siebenten Auflage nur in geringerem Maße berücksichtigt wurden. Dies sind die Lehre von den Gefäßen, Eingeweiden, Nerven, Sinnesorganen, doch sind auch in den anderen Abteilungen die Abbildungen verbessert und vermehrt worden.

* * *

Veranlaßt durch den Bericht über die XII. Haupt-Versammlung des Landesvereins preußischer, für höhere Lehranstalten geprüfter Zeichenlehrer komme ich auf die Auslassungen Raubers im Vorwort der sechsten Auflage und auf meine eigenen Darlegungen am Schlusse des Vorworts zur siebenten Auflage zurück. Auf der genannten Versammlung hielt Prof. Rein (Jena) einen Vortrag über die Bedeutung des Zeichnens für die allgemeine Bildung und die Wertung des Zeichenunterrichts als Lehrfach an allgemein bildenden Schulen, in welchem er ausreichenden Raum im Lehrplan der höheren Schulen für Zeichnen und Modellieren verlangt. Er fordert dasselbe wie Rauber, der sich über diesen Gegenstand in folgender Weise äußert: „Der Mensch ist nicht bloß ein wissenschaftlich, sondern auch ein künstlerisch veranlagtes Wesen. Es ist Aufgabe einer guten Erziehung, keine dieser Anlagen verkümmern zu lassen. Daher muß das Gymnasium die Pflege der Kunst in sich aufnehmen. Die Theorie der Kunst ist zu entwickeln; nicht nur Werke der Dichtkunst sind vorzuführen, sondern auch solche der Skulptur, Architektur und Malerei, ebenso hat die Tonkunst die gebührende Beachtung zu finden. Besondere Lehrer sind für die theoretische Pflege der

Kunst anzustellen. Im Zeichnen und Modellieren sind alle Schüler praktisch von besonderen Lehrern zu unterrichten."

Ich selber habe ebenfalls verlangt, das Zeichnen als ein Stück der allgemeinen Bildung eifrigst zu fördern und zu pflegen, indem ich den naheliegenden praktischen Wert dieser Übung stärker betonte und hervorhob, eine wie große Hilfe bei der Auffassung und Erlernung realer Erscheinungen die durch Zeichnen und Modellieren geübten Organe, Auge und Gehirn, gewähren.

Es mehrt sich die Zahl derer, welche aus diesem oder jenem Grunde eine stärkere Betonung des Zeichenunterrichts, sei es in Schule oder Haus, für notwendig erachten. Früher oder später wird die große Bedeutung dieser Beschäftigung allgemein anerkannt werden. Dazu nach meinen Kräften beizutragen sollen diese Zeilen dienen.

Dt. Wilmersdorf, 29. Juni 1908.

Fr. Kopsch.

Inhalt.

Allgemeiner Teil.

Allgemeiner Teil.

Erster Abschnitt.

Begriff der Anatomie.

Die Anatomie ist die Wissenschaft von der Form und dem Bau der Körperwelt.

Entsprechend der Ausdehnung des Mineral-, Pflanzen- und Tierreiches, und entsprechend der mehr oder weniger zusammengesetzten Form- und Baubeschaffenheit der einzelnen Körper ist das Gebiet der Anatomie außerordentlich groß.

Nicht nur dasjenige, was das freie Auge bezüglich der Form und des Baues zu erkennen vermag, gehört in das Gebiet der Anatomie. Denn wie könnte die Sehkraft des unbewaffneten Auges eine vernunftgemäße Grenze abgeben für die wissenschaftliche Erkennung der Form und des Baues! Sehr viele Gebilde der Körperwelt sind nicht einmal als Ganzes dem freien Auge erkennbar. Der feinere Bau aber liegt überwiegend auf dem Felde des für das freie Auge Unsichtbaren. Es gehört sonach zur Anatomie auch alles, was jene wichtige Waffe des Auges, die der Erfindungsgeist des Menschen im Laufe der Zeit herzustellen gelernt hat, das Mikroskop, von Form und Bau zu erkennen vermag.

Aber das Mikroskop ist nur eine endliche Waffe. Seine Hilfe unterwirft uns den zu erkennenden Gegenstand nur bis zu einem gewissen, aber nimmermehr völlig erschöpfenden Grade. Jenseits dieser Grenze versagt es wie früher das freie Auge versagte. An diesem Verhältnis können selbst alle künftigen Verbesserungen der Mikroskope nichts ändern. Jenseits dieses Grades stehen wir also, obwohl wir einen Körper vor uns haben und mit bewaffnetem Auge untersuchen, vor dem Reich des Unsichtbaren. Man muß sich hierüber gleich von Anfang an klar werden. Jeder Körper schließt ein Reich des Unsichtbaren in sich ein. Gerade dieses Reich ist aber von unendlicher Bedeutung. Sehen wir es auch nicht in sinnhafter Weise, so müssen wir es dennoch häufig heranziehen und benutzen zur Aufstellung von Theorien. Es fällt zusammen mit dem Reich der Moleküle und Atome.[1]) So haben wir ein makroskopisches, mikroskopisches und hypermikroskopisches Formgebiet vor Augen, wie es den Erkennungsmitteln entspricht.[2])

Von diesem umfassenden Gebiet ist die Anatomie des Menschen nur ein kleiner Teil, insofern sich die Untersuchung auf einen Einzelkörper bezieht. Aber

1) In ausgiebiger Weise wird es z. B. herangezogen bei den Theorien der Vererbung. Vergl. darüber R. Fick: Arch. Anat. u. Phys. 1907, Ergebn. d. Anat. u. Entwickelgesch. XVI, 1907.

2) Es folgt noch das alles beherrschende transzendentale Gebiet. Es gibt ein transzendentales makroskopisches, mikroskopisches und hypermikroskopisches Gebiet. Das letztere fällt mit dem transzendentalen Gebiet keineswegs zusammen. Vielmehr sucht das transzendentale Gebiet die Numena, die „Dinge an sich" der Erscheinungstatsachen zu erforschen.

es ist dennoch ein außerordentlicher Inhalt zu erwarten; denn es ist zu bedenken, daß dieser Einzelkörper demjenigen Naturgebilde angehört, welches an der äußersten Grenze des Tierreiches seine Stellung hat, ohne, den übrigen gleich, ein Tier zu sein.

Form und Bau können nicht untersucht werden ohne stetige Berücksichtigung des Stoffes, wenn auch das Gebiet des Stoffes einer andern Wissenschaft, der Chemie, der anorganischen und organischen angehört. Form und Stoff haben Beziehungen zu einander. Dies ergibt sich schon aus dem Umstande, daß keine reale Form ohne stoffliche Grundlage vorhanden sein kann. Die Beziehungslehre zwischen Stoff und Form, auf chemischem Gebiet schon weit entwickelt, ist dies noch nicht auf dem zusammengesetzten Gebiet der Pflanzen- und Tierformen, sowie einzelner Teile derselben.[1])

Da der menschliche Körper weder in formaler und baulicher, noch in stofflicher Hinsicht völlig abgetrennt von der umgebenden Welt dasteht, sondern mehr oder weniger innige Beziehungen zu der Tierwelt unverkennbar aufweist, so ergibt sich daraus die Notwendigkeit der Vergleichung. Wer ohne die beständige Rücksichtnahme auf Form und Bau der Tiere den menschlichen Körper untersuchen wollte, der würde sich einer der wichtigsten Leuchten auf den verschlungenen Pfaden der menschlichen Anatomie begeben. Dabei darf man aber in keinen Irrtum verfallen, insbesondere nicht in den, die vergleichende Anatomie der Tierwelt nur als eine Hilfswissenschaft der Anthropotomie betrachten zu wollen. Dazu steht die Tierwelt viel zu groß und bedeutungsvoll da. Die Anatomie des Menschen ist vielmehr nur ein einzelnes Glied in der umfassenden Wissenschaft der vergleichenden Anatomie. Mit dem Studium der menschlichen Anatomie muß daher das Studium der vergleichenden Anatomie Hand in Hand gehen.

Gegenstand der Anatomie des Menschen ist zunächst der Körper des Erwachsenen. Dieser aber stellt eine Endform dar, die sich aus einer Anfangsform durch eine große Reihe von Zwischenformen entwickelt hat, von welchen jede vorausgehende die folgende bedingt, während die Anfangsform selber ihre besonderen Bedingungen hat. Ist dem so, dann ist klar, daß in der Entwicklungsgeschichte des Individuums, in der Ontogenie, eine zweite wichtige Leuchte gegeben ist, welche die dunklen Pfade der Anatomie erhellen muß und ebenso unentbehrlich ist für das Verständnis der menschlichen Anatomie, wie die vergleichende Anatomie. Doch ist in dieser Hinsicht noch das Folgende zu erwägen. Da jeder Pflanzen- und Tierkörper eine individuelle Entwicklungsgeschichte zu durchlaufen hat, so gibt es auch eine vergleichende Entwicklungsgeschichte, in der sich uns eine dritte Leuchte der menschlichen Anatomie vor Augen stellt. Die vergleichende Anatomie der Tiere, als eine Vergleichung der Endformen dieser Tiere, hat hiernach ein viel weniger ausgedehntes Arbeitsgebiet, als die vergleichende Entwicklungsgeschichte, welche nicht allein die Endformen, sondern letztere mit den Anfangs- und allen Zwischenformen zu untersuchen hat. Die vergleichende Anatomie der Endformen kann demnach auch betrachtet werden als ein besonders geartetes Stück der vergleichenden Entwicklungsgeschichte im ganzen und darf, um zum Ziel zu gelangen, der beständigen Berücksichtigung des größern übrigen Teils niemals entbehren.[2])

1) Vergl. Jul. Sachs, Stoff und Form der Pflanzenorgane: Arbeiten des botanischen Institutes in Würzburg. Bd. II.

2) J. W. v. Wijhe, Die Kopfregion der Cranioten beim Amphioxus usw. Anatomischer Anzeiger 1889. IV. S. 558—566.

Als eine vierte Leuchte der Anatomie ist zu bezeichnen die Physiologie, als Lehre von den Funktionen oder Verrichtungen der einzelnen Körper und ihrer Teile als Ergologie, Werklehre, wie man sie besser nennen könnte. Dies ergibt sich sofort, wenn wir bedenken, daß die Körper vorhanden sind ihrer Funktionen wegen, die aus Stoff und Form hervorgehen.

Es war zuvor von der Endform des menschlichen Körpers die Rede, gegenüber seiner Anfangs- und den Zwischenformen. Bekanntlich ist aber nicht eine einzige Endform vorhanden, sondern normalerweise deren zwei: eine weibliche und eine männliche Endform. Es ist die Aufgabe der Anatomie der Geschlechter, die Unterschiede beider Formen und ihr Wesen zu bestimmen.

Männliche und weibliche Endform sind, wenn wir unsern Blick auf die ganze bewohnte Erde richten, zur Zeit in zusammen etwa 1500 Millionen Individuen vertreten. Keines dieser Individuen ist dem anderen völlig gleich; selbst zwischen zwei einander noch so ähnlich scheinenden sind gewisse Verschiedenheiten vorhanden, auch wenn nur die äußere Gestalt berücksichtigt wird. Zwischen anderen Individuen sind die Unterschiede augenfälliger und ansehnlicher, obwohl der erste Blick genügt, um selbst die am weitest Verschiedenen noch zur menschlichen Familie gehörig anzuerkennen. Derjenige Zweig der Anatomie, welcher die einzelnen, körperlich von einander abweichenden großen menschlichen Gruppen nach ihren äußeren und inneren Merkmalen zu schildern hat, führt den Namen Anatomie der menschlichen Rassen. Sie ist noch bei weitem nicht durchgeführt, nicht einmal in Bezug auf äußere Merkmale. Bezüglich des inneren Baues aber liegt die Rassenanatomie in ihren ersten Anfängen. Am besten durchforscht ist die indoeuropäische Völkerfamilie. Sie bildet daher die Grundlage unserer Darstellung der menschlichen Anatomie.

Man hat ferner zu unterscheiden zwischen systematischer und topographischer Anatomie. Erstere behandelt den Körper einmal als Ganzes und sodann nach den verschiedenen Organsystemen, aus welchen er besteht. Da sie dabei zugleich zu untersuchen hat, welche Stellung der menschliche Körper im System der Tiere einnimmt, so ist der Name systematische Anatomie doppelt gerechtfertigt. Sie führt auch den Namen deskriptive Anatomie. Dieser Ausdruck ist insofern nicht erschöpfend, als die Aufgabe der Anatomie, wie die neuere Zeit sie aufstellt, keineswegs mit der Beschreibung der untersuchten Gegenstände sich erschöpft; sie hat vielmehr in allen Stücken zugleich die Erklärung zu liefern oder anzubahnen, wie sich aus dem Vorausgehenden bereits ergibt. Sie dringt also im ganzen und in allen einzelnen Teilen auf das Verständnis ihres Gegenstandes.

Die topographische Anatomie hingegen untersucht das Nebeneinander verschiedener Organe und Organteile in den verschiedenen Körpergegenden und setzt die Kenntnis der systematischen Anatomie als bekannt voraus. Während die systematische Anatomie zunächst keine praktischen, sondern rein wissenschaftliche Ziele zu verfolgen hat, wenn auch praktische Ergebnisse in unabsehbarer Reihenfolge sich von selbst dabei einstellen, so ist das Ziel der topographischen Anatomie ausschließlicher auf das ärztliche Bedürfnis gerichtet. Es wäre aber unrecht, glauben zu wollen, die systematische Anatomie stehe im Gebrauchswert für den Arzt hinter der topographischen Anatomie zurück. — Bezieht sich die topographische Anatomie ausschließlich auf chirurgische Bedürfnisse, so spricht man von chirurgischer Anatomie.

Nicht allein die Naturforschung, nicht allein das ärztliche Denken und Handeln bedarf der Anatomie. Jeden Menschen muß es drängen, von sich selbst, von seinem eigenen Körper ein gewisses Maß von Kenntnis und Verständnis zu besitzen. Dieser Aufgabe widmet sich die populäre Anatomie. Es ist hier zu betonen, daß weitaus die Mehrzahl selbst der Gebildeten hinsichtlich ihres Körpers sich in tiefster Unwissenheit befindet. An diesem bedauernswerten und von üblen Folgen der verschiedensten Art begleiteten Umstande ist jedoch den Gebildeten selbst nur der geringere Vorwurf beizumessen. Es fehlte vielmehr lange Zeit an einer geeigneten Literatur, welche das Interesse zu erwecken und zu befriedigen vermochte. Doch gibt es jetzt hiervon einzelne rühmenswerte Ausnahmen, welche bereits reiche Früchte getragen haben. [1]) Außerdem sorgen in neuerer Zeit „volkstümliche Hochschulkurse“ und andere Veranstaltungen für Verbreitung anatomischer Kenntnisse.

Guter anatomischer Kenntnisse und anatomischen Verständnisses bedarf auch der Künstler, soweit er mineralische, pflanzliche und tierische Gebilde oder den Menschen zur Darstellung zu bringen hat. Zwar hat es der Künstler nur mit der Nachbildung von Oberflächen jener Körper zu tun. Allein die Kenntnis und das Verständnis dieser wechselnden Oberflächenformen zu besitzen, ist keineswegs eine leichte Aufgabe. Nur der Laie könnte diese Meinung haben; aber er würde sich schwer täuschen. Es gehört vielmehr die Kenntnis des Gesamtkörpers dazu, um eine wirkliche Kenntnis jener schwierigen Oberflächenformen zu besitzen, an welchen das Laienauge nur allzu leicht abzugleiten pflegt, ohne von ihrer Bedeutung gefangen zu werden. Anatomische Darstellungen, welche es sich zur Aufgabe machen, den Zwecken des Künstlers zu genügen, bilden die Anatomie für Künstler oder plastische Anatomie. [2])

Im Anschluß an das, was zuvor über Anatomie der Endformen angegeben worden ist, sei bei dieser Aufzählung der Arten der Anatomie noch erwähnt, daß es natürlich auch besondere anatomische Darstellungen wichtiger Wachstumsstufen geben muß, so eine Anatomie des Säuglingsalters, des Kindesalters, des Greisenalters.

Über das Verhältnis der Anatomie zur Biologie, der Wissenschaft von den lebenden Wesen im ganzen, gibt das folgende Täfelchen Aufschluß und Übersicht:

Biologie = Morphologie + Physiologie (Ergologie)

Anatomie und Entwicklungsgeschichte

Ontogenie und Phylogenie
oder Embryologie und Stammesgeschichte [3])

Phytotomie und Zootomie

Anthropotomie und Anatomie der Tiere.
= Anatomie des Menschen

---

1) H. v. Meyer, Die richtige Gestalt des menschlichen Körpers. — Johannes Ranke, Der Mensch. II. Aufl. Leipzig, 1895.

2) A. Froriep, Anatomie für Künstler. Leipzig, 1890. — E. Brücke, Schönheit und Fehler der menschlichen Gestalt. Wien, 1891. — J. Kollmann, Plastische Anatomie. 2. Aufl. Leipzig, 1900. — L. Pfeiffer, Handbuch der angewandten Anatomie. Leipzig, 1899.

3) Der Begriff der Phylogenie oder Stammesgeschichte ergibt sich aus der Theorie des Ursprunges höherer Organismen aus niederen durch Umwandlung im Laufe der Zeit. Von dieser Theorie wird an späterer Stelle noch die Rede sein.

Aus dem Angegebenen läßt sich unschwer ermessen, zu welchen Zwecken wir Anatomie studieren. Es geschieht dies

1. aus wissenschaftlichen,
2. aus praktischen,
3. aus ethischen Gründen.

In bezug auf den ersten Punkt ist klar, daß es unsere Aufgabe ist, den Menschen nach Form und Bau wissenschaftlich verstehen zu lernen, ohne Rücksicht auf irgend eine Nebenabsicht.

Nicht selten wird der zweite Punkt von Anfängern vorangestellt; allein das ist ein falscher Weg, der vermieden werden muß. Wenn überhaupt irgend ein Naturgebilde es wert ist, aus rein wissenschaftlichen Gründen durchforscht zu werden, so ist es der menschliche Körper, bei welchem wir der Natur auf dem Höhepunkt ihres irdischen Schaffens begegnen. Der wissenschaftliche Gewinn muß natürlich ein unendlicher sein. Aber auch der praktische Gewinn schließt sich in seinem Maße ganz an jenen an. Der praktische Gewinn, vor allem für die Erfüllung der ärztlichen Aufgaben, stellt sich zugleich ganz ohne besonderes Zutun ein, wie schon oben bemerkt wurde; die praktischen Anwendungen der Anatomie brechen wie Ströme aus der wissenschaftlichen Arbeit hervor. Bei einem genaueren Eingehen auf dieses Verhältnis wird uns aber alsbald klar werden, daß es zwar allseitiger anatomischer Kenntnisse bedarf, um die eingetretene Beschädigung des Körpers beurteilen und behandeln zu können, daß es aber einen höheren Wert haben muß, diesen vollkommenen Bau, soviel als die Wissenschaft es an die Hand gibt, auf allen Stufen seines Daseins vor dem Eintritt einer Beschädigung zu bewahren. Es liegt in erster Linie die Aufgabe vor, diesen wunderbaren Bau von seinem ersten Werden an mit solchen Schutzmitteln zu umstellen, daß er sich in voller Blüte, in voller Gesundheit zu entwickeln, zu entfalten und zu erhalten vermag und nicht krank wird. Es ist das Gebiet der privaten und öffentlichen Hygiene, welches auf die Gewährung jener Schutzmittel hinwirkt. Ihr Verfahren steht in fortwährendem Einklange mit den Feinheiten des Körperbaues und ihren Forderungen.

Die bildende Tätigkeit, welche die Ursache des Wachstums und der Erhaltung des Organismus ist — so lesen wir bei Pflüger [1]) in einer interessanten Abhandlung

---

1) F. F. W. Pflüger, Über die Kunst der Verlängerung des menschlichen Lebens. Bonn, 1880.

Über das Wesen der Biologie handelt: E. Albrecht, Vorfragen der Biologie, Wiesbaden 1899. — Die „Überwindung des Mechanismus" in der Biologie. Biologisches Centralblatt 1901, XXI. — O. Bütschli, Mechanismus und Vitalismus. Vortrag, Internat. Zoologen-Kongreß zu Berlin, 1901. — H. Driesch, Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft. Eine kritische Studie. Leipzig, W. Engelmann, 1893. — Analytische Theorie der organischen Entwicklung. 1894. — Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge. Arch. f. Entwicklungsmechan. Bd. VIII. — H. Driesch, Die organ. Regulationen; Vorbereitungen zu einer Theorie des Lebens. Leipzig, 1901. — J. P. Durand (de Gros) L'Idée et le Fait en Biologie. Paris, 1896. — E. Giglio-Tos, Les Problèmes de la Vie. Torino, Palazzo Carignano, 1901. — A. Goette, Vererbung und Anpassung. Straßburg, 1898. — C. Herbst, Formative Reize in der tierischen Ontogenese. Berlin, 1901. — G. Meyer, Die soziale Bedeutung der Medizin. Berlin, 1900. — Wolfgang Oswald, Über die Erklärung von Naturerscheinungen, insbesondere des Lebens. Biologisches Centralblatt 1901, XXI. Das Leben ist ein äußerster komplizierter Komplex von untereinander in hohem Maße abhängigen Energieverhältnissen und daher erklärbar. Auch die Herstellbarkeit des Lebens ist nicht unmöglich. — E. Radl, Über die Bedeutung des Prinzips von der Korrelation in der Biologie. Biolog. Centralbl. 1901, XXI. — Johannes Reinke, Die Welt als Tat. Umrisse einer Weltansicht auf naturwissenschaftlicher Grundlage. Berlin, 1899. — J. Reinke, Über die

— nimmt schon vom Beginne des Lebens an stetig ab. **Abhaltung von Schädlichkeiten** und **Maß in allen Dingen** sind die beiden Hauptmittel, die Dauer des Lebens nicht zu verkürzen.

So durchsichtig diese Aufgabe ist, so wird sie dennoch in vollem Umfange niemals erfüllt werden können. Unglücksfälle, Wunden, Krankheiten wird es immer geben. Aber an ihrer Verringerung und Heilung ist schon mit Erfolg gearbeitet worden, und die Aussicht in die Zukunft ist zufriedenstellend.

Und sollte nicht auch in ethischer Richtung aus dem sorgfältigen Studium der Anatomie ein Gewinn hervorgehen? Schon gegenüber dem Dasein irgend eines Körpers versinkt der empfängliche Geist in staunende Bewunderung. Ja, das Dasein des Weltganzen und jedes kleinsten Teiles von ihm ist das erste und das größte aller Rätsel. Und nun betrachte man, nach der Forschung über den Daseinsursprung eines Atomes, einen Kristall und lerne ihn kennen. Leuchtend auf allen Seiten tritt uns das Prinzip der Vollkommenheit und der Ordnung entgegen. Und wenn in der formvollendeten Pflanze die Regungen des Lebens sich zum ersten Male offenbaren, so wäre es ein stumpfer Geist, der darüber nicht in Staunen geriete. Der Gegenstand vertieft sich aber noch weiter beim Tiere, bis wir an der Krone der bekannten Schöpfung, dem Menschen anlangen, dem Vorbilde alles Lebendigen, wie der Mensch auch schon genannt worden ist.

Ohne die Kenntnis der Naturgesetze und der Naturerscheinungen — sagt Justus Liebig — scheitert der menschliche Geist in dem Versuche, sich eine Vorstellung über die Größe und unergründliche Weisheit des Schöpfers zu schaffen; denn alles, was die reichste Phantasie, die höchste Geistesbildung an Bildern nur zu ersinnen vermag, erscheint gegen die Wirklichkeit gehalten, wie eine bunte, schillernde, inhaltlose Seifenblase.

„Nil admirari?“

Ist etwa dies der Eindruck, den wir von dem allen davontragen? Nein, der Eindruck ist ein ganz anderer. Das ist auch vom allergrößten Werte. Denn es gilt, das Wort zu beherzigen: „Wenn ihr nicht mit der Bewunderung anfangt, werdet ihr nie in das innere Heiligtum eindringen.“ (Goethe.)

---

in den Organismen wirksamen Kräfte. Biolog. Centralbl. 1901, XXI. — Joh. Walter, Über die Auslese in der Erdgeschichte. Jena, 1895.

Zweiter Abschnitt.

Geschichte der Anatomie.

Wenn man als Anfang einer Wissenschaft das erste Bekanntwerden mit ihrem Gegenstande betrachten will, so reicht der Anfang der menschlichen Anatomie wie der Anatomie im ganzen bis in die erste Frühzeit des menschlichen Daseins zurück und gehört der Urgeschichte an. Der Mensch lernte schon bald sich von seinesgleichen sowie von der umgebenden Tier- und Pflanzenwelt unterscheiden. Er lernte die Geschlechter kennen und die verschiedenen Altersstufen, die Vorgänge der Geburt, des Lebens und des Sterbens. Wunden und Krankheiten zu sehen, dazu fehlte es nicht an Gelegenheit; der Trieb, hilfreiche Hand anzulegen, mußte ebenfalls frühzeitig geweckt werden. Die im Gefolge des Todes auftretende allmähliche Zerstörung der Weichteile legte die Knochen frei und bot sie dem Anblicke dar; in ähnlicher Weise wirkte in späterer Zeit die Leichenverbrennung.

Ausgiebiger noch war die Gelegenheit, das Innere des Tierkörpers wahrzunehmen. Die auf der Jagd erlegten Tiere und ihre Zerlegung für den Zweck der Ernährung lieferten ein reiches und beständig sich wiederholendes Material. Wenn die natürliche Scheu vor der menschlichen Leiche letztere gar oft, sei es in der Frühzeit des Menschengeschlechtes oder in späteren Jahrtausenden, vor jedem Angriff schützte, so fiel diese Beschränkung hinweg gegenüber dem Tierkörper.

Vorläufer: So kann es nicht überraschen, wenn wir beim Eintritt in die geschichtliche Zeit bei allen alten Kulturvölkern bereits eine gewisse kleine Summe oberflächlicher Kenntnisse des menschlichen Körper vorfinden. Der Hauptantrieb, anatomische Kenntnisse zu sammeln und zu vermehren, ging fort und fort von der Heilkunde aus, die vor allem in priesterlichen Händen lag. Doch ist schon im Altertume hier und da auch das entschiedene wissenschaftliche Bestreben erkennbar, den tierischen und menschlichen Körper seiner Zusammensetzung nach genauer kennen zu lernen aus reiner Sehnsucht zum Wissen, aus dem Eifer, das Unbekannte zu erhellen. Schon im Altertum sehen wir zu unserer Überraschung die Forderung aufgestellt, daß nur auf dem Wege der Erfahrung und Forschung Kenntnis der natürlichen Dinge zu erreichen sei, daß dagegen die Willkür, die ungezügelte Phantasie und die Oberflächlichkeit den Wegen des Irrtumes verfallen seien. Als derjenige, welcher auf diese uns jetzt so selbstverständlich erscheinende Wahrheit nachdrücklich zum erstem Male hinwies, ist Hippokrates zu bezeichnen, der für die Entwicklung der gesamten Medizin von hervorragender Bedeutung war und und als Vater der Medizin verehrt wird. Er wurde 460 v. Chr. auf der

1) H. Haeser, Grundriß der Geschichte der Medizin. Jena, 1884. — J. V. Carus, Geschichte der Zoologie. München, 1872. — Th. Puschmann, Geschichte des medizinischen Unterrichts. Leipzig, 1889. — P. Geddes, Entwicklung und Aufgabe der Morphologie. Jenaische Zeitschrift. Bd. 18. — A. Kölliker, Der jetzige Stand der morphologischen Disziplinen in Bezug auf allgemeine Fragen. Jena, 1887. — Neuburger-Pagel, Handbuch der Geschichte der Medizin. (Zusammen mit zahlreichen Mitarbeitern.) 2 Bde. Jena, 1902, 1903. — Hirsch, Biograph. Lexikon der hervorragenden Ärzte aller Zeiten und Völker. Wien u. Leipzig, 1884. — Pagel, Biograph. Lexikon hervorragender Ärzte des 19. Jahrhunderts. Berlin und Wien, 1901. — Über die zur Zeit lebenden Anatomen siehe Minerva, Jahrbuch der gelehrten Welt. Straßburg.

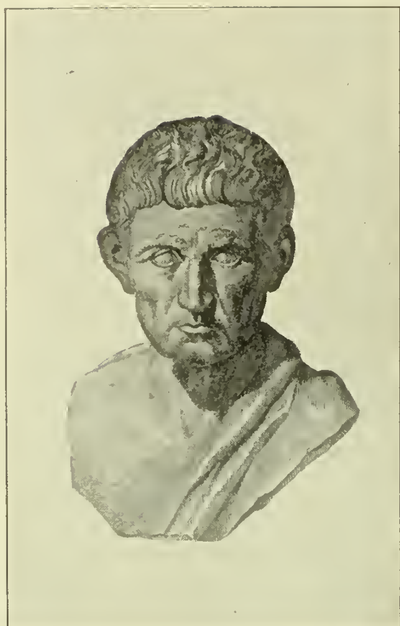


Fig. 1.
Aristoteles 384—322 v. Chr.[1])



Fig. 2.
Claudius Galenus 131—201 n. Chr.



Fig. 3.
Andreas Vesalius 1514—1565.

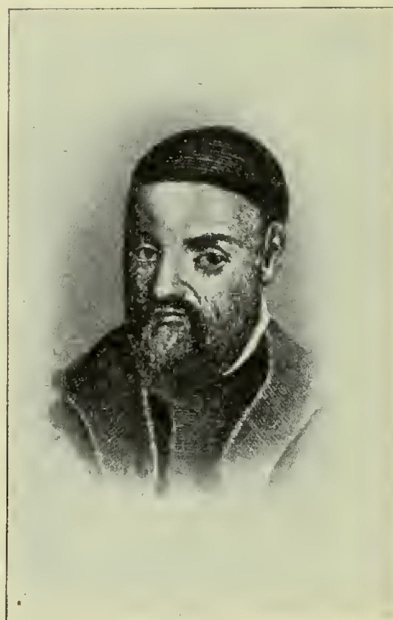


Fig. 4.
Gabriel Fallopia 1523—1562.

1) Die in Rom befindliche Statue des Aristoteles, nach welcher das Bildnis angefertigt ist, wird bezüglich ihrer Echtheit neuerdings stark bezweifelt, so in W. Helbig, Führer durch Roms Kunstschätze.

Insel Kos geboren und starb zu Larissa 377 v. Chr. Er war ein Sprößling einer alten Asklepiaden-Familie, welche auf der Insel Kos ihren Sitz hatte und ihren Ursprung bis Asklepios und Herakles zurückverfolgte. Schon der Großvater und Vater hatten sich durch ärztliche Tüchtigkeit ausgezeichnet. Anfangs den Unterricht des Vaters genießend, begab sich Hippokrates später zu seiner weiteren ärztlichen Ausbildung nach Athen, wo er Anregung und Belehrung von den verschiedensten Seiten empfing. Stand doch Athen damals in jenem berühmten Zeitalter des Perikles, welches die Welt mit unvergänglichen Werken der Kunst und Wissenschaft beschenkte. Hippokrates hatte hier Gelegenheit, im Umgange mit hervorragenden Ärzten und Philosophen sich zu vervollkommnen und bald eine angesehene Stellung zu erringen. Eine Menge von Schülern versammelte sich um ihn, welche sich unter seiner Leitung zu tüchtigen Ärzten heranzubilden hofften. Seine Bedeutung wurde selbst von den berühmtesten Zeitgenossen anerkannt. So vergleicht ihn Platon mit Polykleitos und Phidias; Aristoteles nennt ihn den „großen Hippokrates". Die Zahl seiner Schriften ist sehr beträchtlich. Mit den Werken anderer Mitglieder seiner Familie wurden sie von seinen Nachkommen aufbewahrt und dienten zum medizinischen Unterricht. In ihrer heutigen Gestalt enthält jedoch die unter dem Namen des Hippokrates bekannte Sammlung medizinischer Schriften neben einer großen Zahl von ihm selbst und seinen nächsten Verwandten verfaßter Abhandlungen eine nicht geringe Zahl von solchen, die von anderen Autoren herrühren und daher pseudo-hippokratische Schriften genannt werden.

Auf dem Gebiet der Anatomie selbst hat Hippokrates, abgesehen von dem erwähnten Umstand, daß er sie wie die Medizin von mystischen Banden befreite und auf den Boden der Erfahrung stellte, nichts weiter geleistet. Die in den genannten Schriften enthaltenen, gelegentlich eingestreuten anatomischen Bemerkungen gründen sich ferner wesentlich auf die Zergliederung von Tieren; nur die Knochen machen davon eine Ausnahme. Um Beispiele zu geben, so kannte man die Deckknochen des Schädels, deren Diploë und Nahtverbindungen. Die Muskulatur geht in dem allgemeinen Begriff der Fleischteile auf. Die Leber ist das Organ der Blutbereitung. Von ihr und der Milz gehen die Gefäße aus. Die Luft gelangt durch die Luftröhre und die Lungen zum linken Herzen und verteilt sich von da als Pneuma. Über den Darm bestehen noch unbestimmte Vorstellungen. Nerven, Sehnen und Bänder haben noch gemeinsame Bezeichnungen. Das Gehirn wird bei manchen Hippokratikern bereits als Sitz des Denkens und Empfindens angesehen, während es bei anderen als Sammelort von Schleim gilt.

Unsere ersten historischen Nachrichten über die Anatomie und Medizin im Altertum reichen indessen noch etwas weiter zurück. Denn schon vor der Zeit des Hippokrates waren von den Griechen vollständige ärztliche Schulen gegründet worden, von welchen sich diejenigen von Ionien, von Kroton in Unteritalien, von Kyrene in Afrika, von der Insel Knidos des bedeutendsten Rufes erfreuten. Heraklitos von Ephesus, 500 v. Chr., Anaxagoras von Klazomenä und Empedokles von Agrigent in Sicilien, 450 v. Chr., Diogenes von Apollonia, 430 v. Chr., sind als die hervorragendsten Vertreter der ionischen Schule zu erwähnen, welche durch Sektionen an Tieren den anatomischen Bau zu ergründen suchten. Von ihnen gilt Diogenes als genauer Kenner der Blutgefäße, während Empedokles das Vorhandensein des Gehör-Labyrinthes bekannt war.

Das erste anatomische Werk soll von Alkmäon von Kroton (500 v. Chr.) herrühren, einem Schüler von Phythagoras I (584—504 v. Chr.), der sich in Kroton niedergelassen hatte.

Wenn man nun auch den Bestrebungen und Errungenschaften dieser Schulen, die hippokratische eingeschlossen, seine Anerkennung nicht versagen darf, sondern sie um so höher schätzen muß, als die schwierigen Anfänge von ihnen aufzufinden und die ersten Stufen von ihnen zu erklimmen waren, so darf man sich andererseits doch keinem Zweifel darüber hingeben, daß von einer wissenschaftlichen Anatomie im strengeren Sinne bis dahin noch keine Rede sein kann. Man muß die ganze Periode mindestens in bezug auf die Anatomie als Zeit der Vorläufer bezeichnen.

I. Stufe. Ein ganz anderes Ansehen gewinnen die Dinge bald darauf durch die ruhmvolle Tätigkeit eines Mannes, der nicht allein das ganze Wissen in sich vereinigte und sammelte, sondern mehr noch durch eigene Forschungen leistete. Dies ist Aristoteles der Stagirite (384—322 v. Chr.), einer der Lehrer von Alexander dem Großen, der Sohn eines Arztes am makedonischen Hofe, ein Schüler Platons (Fig. 1). Seine Weite des Begriffes und Tiefe der Einsicht in die gesamte Biologie

---

Zu den Bildnissen der Anatomen: Nur eine kleine Zahl hervorragender Anatomen der vergangenen Zeit hat hier im Bilde wiedergegeben werden können. Lebende sind überhaupt nicht aufgenommen worden. Dagegen haben einige der Morphologie nahestehende Männer aus anderen Wissenschaftsgebieten Aufnahme gefunden. Obwohl die hier vertretene Anzahl von Bildnissen verhältnismäßig klein ist, so werden sie doch nicht verfehlen, den gebührenden Eindruck zu machen. —

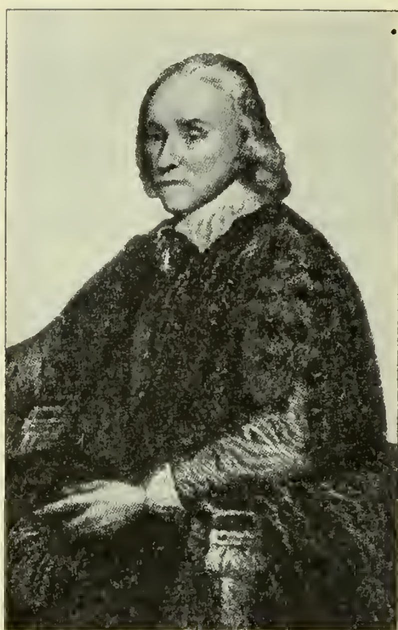


Fig. 5.
William Harvey 1578—1657.

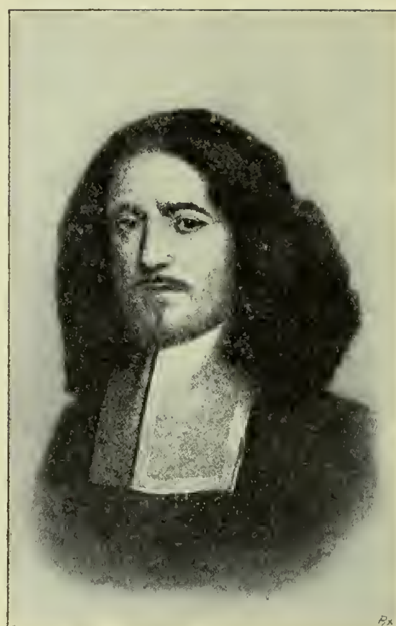


Fig. 6.
Marcello Malpighi 1628—1694.



Fig. 7.
Friedrich Ruysch 1638—1731.



Fig. 8.
Raymund Vieussens 1641—1716.

sind erst in der letzten Hälfte unseres Jahrhunderts gebührend gewürdigt worden. Nicht mit Unrecht läßt man die Geschichte der Morphologie mit ihm beginnen. Sein Hauptverdienst in anatomischer Beziehung hat er erlangt durch seine Historia animalium, während im Gebiet der Entwicklungsgeschichte sein Buch über die Zeugung der Tiere große Bedeutung besitzt. Begründer der vergleichenden Anatomie und der Taxonomie, stellt er acht große Klassen auf, in welche das gesamte Tierreich zerfalle, nämlich:

1. Lebendig gebärende Vierfüßer,
2. Vögel,
3. Eier legende Vierfüßer und Apoda,
4. Fische,
5. Malakia oder Weichtiere,
6. Malakostraka,
7. Entoma und
8. Ostrakodermata;

wobei er die ersten vier Gruppen als Enaima von den übrigen oder Anaima unterschied. In diesen beiden Abteilungen sind die Vertebrata und Invertebrata von Lammarck leicht zu erkennen. Die acht Gruppen fallen zusammen mit den Säugetieren, Vögeln, Reptilien, Kephalopoden, Krustaceen, den übrigen Gliedertieren und Testaceen der heutigen Zoologie. Seine Methode ist, wie Geddes betont, nicht nur induktiv und seine Gruppen natürlich, d. h. gegründet auf die Zusammenfassung bekannter Merkmale, sondern er deutet Verallgemeinerungen, wie die der Korrelation der Organe und der Entwicklung einer spezielleren Form aus einer allgemeineren, in bestimmter Weise an, wie sie Jahrtausende nachher von G. Cuvier und von K. E. v. Baer festgestellt worden sind. Bei der Vergleichung welche er zwischen den Schuppen der Fische und den Federn der Vögel, oder zwischen den Flossen der Fische und den Beinen der Vierfüßer anstellt, ist schon der Begriff der Homologie im Entstehen. Nach den Werken seines Schülers Nikoloas von Damaskus, welcher die Blätter als unvollkommene Früchte ansah, hatte Aristoteles vielleicht schon eine Vorstellung von der Metamorphose der Pflanzen, wie sie später von C. Fr. Wolff und von Goethe durchgebildet worden ist.

Auch in der menschlichen Anatomie war Aristoteles gut bewandert, wie aus seinen Vergleichungen zwischen den menschlichen und tierischen Organen hervorgeht. Er kannte teilweise die baulichen Eigentümlichkeiten des Herzens und seinen Zusammenhang mit den Gefäßen, wußte, daß die Arterien sich von der Aorta ausbreiten. Auch vermag er die Nerven von den Sehnen zu unterscheiden. Wichtig ist ferner seine Unterscheidung der Teile des Körpers in gleichartige (Blut, Schleim, Fett, Fasern, Knorpel, Knochen usw.) und ungleichartige, die aus verschiedenen Dingen zusammengesetzt sind. So könnte man zwar Fleisch wieder in Fleisch zerlegen, nicht aber eine Hand in Hände. Menschliche Leichen scheint Aristoteles nicht zergliedert zu haben, um so zahlreicher waren die von ihm vorgenommenen Zergliederungen an zum Teil seltenen Tieren.

Von den damaligen Ärzten bemerkt Aristoteles (Über Sinnesempfindung, K. 1): „Die meisten Naturforscher suchen in der Medizin den Abschluß ihrer Studien, und von den Ärzten beginnen diejenigen, welche ihre Kunst etwas wissenschaftlicher treiben, das Studium der Heilkunde mit den Naturwissenschaften."

Gleichzeitig mit Aristoteles lebte Praxagoras aus Kos (350 v. Chr.), welcher die Arterien von den Venen zu unterscheiden vermochte, gleich Herophilus (300 v. Chr.), ohne daß indessen der Kreislauf des Blutes dadurch entdeckt worden wäre. Praxagoras kannte ferner einzelne Nerven als Organe der Empfindung.

Nach dem Untergang des Weltreiches Alexanders des Großen fanden Künste und Wissenschaften besondere Förderung bei den Königen von Ägypten. So gründete der König Ptolemäus I. der griechischen Bildung eine Pflanzstätte durch die Errichtung der Schule in Alexandrien (320 v. Chr.). Letztere Stadt tritt nun in den Vordergrund wissenschaftlicher Bestrebungen. Hier wurden zugleich zum ersten Male Untersuchungen über den inneren Bau des menschlichen Körpers systematisch durchgeführt. Als der hervorragendste Anatom der alexandrinischen Schule ist der bereits genannte Herophilos aus Chalcedon zu erwähnen, ein Schüler des Praxagoras. Er beschäftigte sich vorwiegend mit der Untersuchung des Gehirnes, des peripheren Nervensystemes, der Sinnesorgane und des Gefäßsystems. Bis zur Einführung der anatomischen Nomenklatur wurde nach ihm der Confluens sinuum als Torcular Herophili bezeichnet. Ihm würdig zur Seite stand Erasistratos aus Keos (gest. 250 v. Chr.), welcher Empfindungsnerven von Bewegungsnerven unterschied, die Klappen des Herzens und die Chylusgefäße des Darmes erkannte. Nach Celsus haben diese beiden Forscher, unterstützt durch die ägyptischen Könige, ihre Untersuchungen zum Teil an lebendigen oder eben getöteten Verbrechern angestellt.



Fig. 9.
Giovanni Morgagni 1682—1771.



Fig. 10.
Karl Linné 1707—1778.

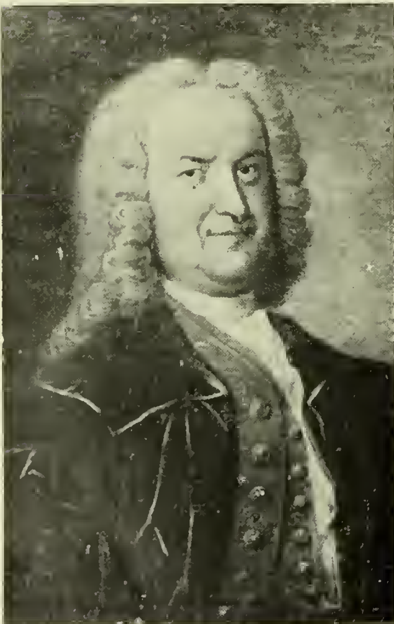


Fig. 11.
Albrecht Haller 1708—1777.

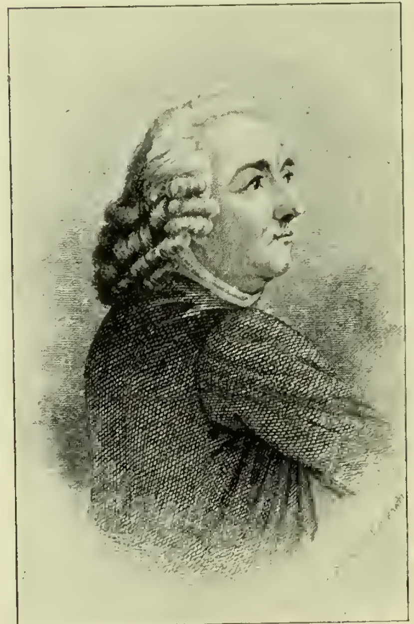


Fig. 12.
Peter Camper 1722—1789.

Die erste wichtige Person, der wir nun nach längerer Pause begegnen, ist ein in Rom, wo in dieser Zeit die medizinische Wissenschaft vorzugsweise gepflegt wird, lebender Gelehrter, der eben genannte Aurus Celsus (30 vor bis 45 nach Chr.). Weniger durch eigene Arbeiten, als durch Zusammenfassung des Bekannten und Überlieferung an die Nachwelt hat er seine Bedeutung erlangt.

Von erheblich größerem Einfluß war Claudius Galenus (131—201 n. Chr.), der Sohn des Architekten Nikon in Pergamos (Fig. 2). Er studierte zunächst vorzugsweise Philosophie, trat darauf in die Schule der heimatlichen Ärzte und erhielt seinen Unterricht in der Anatomie von dem Anatomen Satyros. Nachdem er in Alexandrien seine Studien vollendet hatte, begab er sich zunächst in seine Vaterstadt zurück, war dort bis 164 als Arzt tätig und ließ sich dann in Rom nieder, wo er mit kurzen Unterbrechungen bis zu seinem Tode verblieb. Von seinen Schriften, deren er gegen 300 verfaßte, ist die Hälfte medizinischen Inhaltes. Nur selten war es ihm möglich, menschliche Leichen zu zergliedern; um so eifriger untersuchte er daher Tiere, besonders Affen, wegen ihrer Ähnlichkeit mit dem Menschen. Seine Beschreibungen über den Bau des Menschen überragen infolgedessen in vielen Stücken die Angaben seiner Vorgänger, enthalten jedoch auch eine große Zahl von Irrtümern, teils infolge vorgefaßter Meinungen des Verfassers, teils des vorwiegend benutzten Materiales wegen. Diese Irrtümer und Mängel wurden mit den von Galen verkündeten Wahrheiten viele Jahrhunderte hindurch als unantastbare Heiligtümer betrachtet und konnten endlich nur unter schweren Kämpfen beseitigt werden.

Die Hauptleistungen Galens liegen auf dem Gebiete des Nervensystems; aber auch an anderen Organsystemen machte er gute Beobachtungen. Eine der wichtigsten ist in der Angabe enthalten, daß die Arterien mit Pneuma vermischtes Blut führen. Eines der Gefäße des Gehirns, Vena magna cerebri (Galeni), führt seinen Namen. Die Rückenmarksnerven werden nach den Regionen unterschieden, die Hirnnerven in sieben Paare getrennt; es sind die folgenden: Opticus, Oculomotorius et Trochlearis, Trigeminus, Palatinus, Acusticus et Facialis, Vagusgruppe und Hypoglossus. Den Olfactorius der Späteren beurteilt Galen richtig als Hirnteil. Vom Hirne ist eine Anzahl von Tatsachen gut dargestellt, das Infundibulum z. B. bekannt, jedoch eine Kommunikation mit der Nasenhöhle angenommen.

Die ihm hier und da durch die ärztliche Praxis gebotene Gelegenheit, am Menschen anatomische Beobachtungen zu machen, bezeichnet Galen mit dem Ausdruck Anatomia fortuita; dies weist auf die Stärke seines Bedürfnisses hin.

In Rom gab es damals nicht nur innere Ärzte, Chirurgen, Geburtshelfer und Frauenärzte, sondern auch Augenärzte, Ohrenärzte und Zahnärzte, ja fast Spezialisten für jeden Körperteil. Einige beschränkten sich auf die Behandlung von Fisteln und Brüchen, andere beschäftigten sich mit dem Steinschnitt, der Bruchoperation oder der Staroperation. Man hatte besondere Ärzte für die Krankheiten der Kinder, für diejenigen des Greisenalters. Galens Urteil über die Mehrzahl der damaligen Ärzte lautet nicht günstig, denn er vergleicht die Ärzte in Rom sogar mit Latronen und bemerkt, daß zwischen ihnen nur der einzige Unterschied bestehe, daß diese im Gebirge und jene in der Stadt ihre Übeltaten begehen.

Aber auch das Publikum erfährt sein Urteil. Als ein reicher Mann empört war, daß Galen ihm dasselbe Mittel empfahl, welches er bei seinem Sklaven angewendet hatte, rief der Reiche ihm zu: „Dies mag du für Bettler aufbewahren, ich will ein Mittel, welches mehr Geld kostet.“[1])

Galens Werke bildeten in der Folge die Grundlage des anatomischen Wissens für dreizehn Jahrhunderte.

Es nahte die Zeit des untergehenden Römerreiches. Dem gleichen Schicksal, welches alle übrigen wissenschaftlichen Gebiete wie auch die Künste ereilte, verfiel auch die Anatomie. Neue Forschungen wurden nicht mehr gemacht, selbst die erworbenen Kenntnisse fielen der Vergessenheit anheim. Nur in wenigen Kreisen lebten Galens Lehren noch fort. Der Verfall mußte umso größere Ausdehnung annehmen, als mit dem 7. Jahrhundert auch die alte Kultur des Orients durch den Islam dahinsank.

So endigte die erste Stufe der medizinischen und anatomischen Wissenschaft und es folgte ein langer Zeitpunkt des Stillstandes und des Rückschrittes.

II. Stufe. Eine Zeitlang wurden nunmehr die Araber die Träger der wissenschaftlichen Heilkunde. Die Schriften des Altertums, insbesondere die hellenischen Geisteswerke, wurden, soweit sie der Vernichtung entgangen waren, übersetzt, umgearbeitet und dem eigenen Volke anzupassen gesucht. Die damit anbrechende Periode ist diejenige des Arabismus in der Medizin. Von einer Weiter-

---

1) Vergl. Puschmann, l. c. S. 93 u. 102.

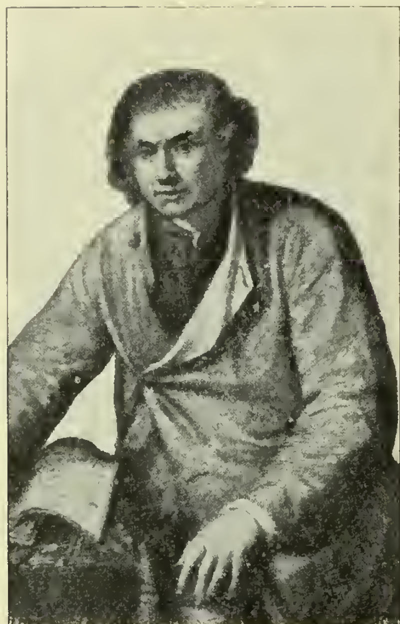


Fig. 13.
John Hunter 1728–1793

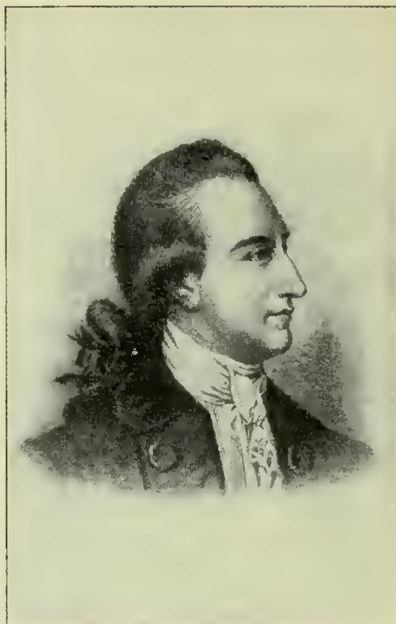


Fig. 14.
Wolfgang Goethe 1749—1832.



Fig. 15.
Friedrich Blumenbach 1752—1840.



Fig. 16.
Samuel Thomas Soemmerring 1755—1830.

bildung der Anatomie konnte in dieser Zeit umsoweniger die Rede sein, als der Koran für die anatomische Forschung ein unmittelbares Hindernis bildete.

Unter den Arabern war Rhazes, Direktor des Krankenhauses in Bagdad, 850—923, eine hervorragende Persönlichkeit. Ihm folgte später der Perser Avicenna, 980—1037, welcher als Philosoph und Arzt eine weit über seine Zeit hinausreichende Bedeutung besaß.

Fehlte es auch bei dem Verzicht auf selbständige Forschung im Umkreis der arabischen Schulen an einer Weiterbildung der Wissenschaft, enthielten diese Schulen auch durch eben denselben Verzicht in sich selbst den Keim des Zerfalls und Verderbens, so waren sie doch nicht ohne Einfluß auf die Folgezeit. Denn ihre Schriften, obwohl sie das Wissen des Altertums vielfach mystisch entstellt und verdunkelt wiedergaben, bildeten durch das ganze Mittelalter hindurch die Hauptgrundlage alles ärztlichen Wissens des Abendlandes, in welches ihre Schriften eindrangen. Eine Reihe von Benennungen für Körperteile weist noch heute auf jenen Zustand hin.[1])

III. Stufe. Langsam begann allmählich ein Umschwung einzutreten, dessen Verdienst Italien zukommt. Es naht die Zeit der Restauration. Aber für die Langsamkeit des Aufschwunges der Anatomie am Ende des 13. und am Beginn des 14. Jahrhunderts ist es bezeichnend, daß Schriften dieses Zeitalters den Bau des Körpers zum größten Teil nach Avicenna darstellen.

Von anfänglich kaum bemerkbarem, später aber umso deutlicher werdendem Einfluß auf den Fortschritt in der Anatomie ist die ins Leben tretende Gründung von Hochschulen in Italien, später in Spanien, Frankreich und den übrigen europäischen Ländern. Mit ihnen trat diejenige Organisation der wissenschaftlichen Arbeit in die Erscheinung, welche im Altertum zwar nicht ohne Vorbild war, aber dennoch auf anderen Grundlagen beruhte und allmählich sich reicher entfaltete.

Die philosophischen und die ärztlichen Schulen des Altertums, die später in Italien aus dem Bedürfnis hervorgegangenen Schulen des römischen Rechts, zu einem ganzen zusammengelegt, enthalten schon den Begriff einer Universität. Wo einmal eine ärztliche oder Rechtsschule vorhanden war, da konnte, wenn das Bedürfnis dafür erwacht war, durch Angliederung leichter ein ganzes sich hervorbilden, zu welchem die theologischen Schulen früh hinzutraten. Für die Herausbildung von Universitäten fehlt es hiernach nicht an Anknüpfungspunkten im Altertum.[2])

Für die anatomische Wissenschaft wurden zunächst Bologna, Padua, Montpellier, später Paris wichtig. Der Arabismus in der Medizin, anfänglich noch herrschend, beginnt zurückzuweichen und die unmittelbare Beobachtung wieder in ihre Rechte zu treten. Als der erste auf dem neuen Wege ist der Bolognese Mundinus (Raimondo de Luzzi, ca. 1275—1326) zu erwähnen. Sohn eines Krämers, war er zuerst Kaufmann und studierte darauf Medizin. Am Beginn des 14. Jahrhunderts wurde er Professor in seiner Vaterstadt und beschäftigte sich eifrig mit Anatomie. Er zergliederte mehrere menschliche Leichen und verfaßte ein Kompendium der Anatomie, welches auf eigene Untersuchungen gestützt ist, vorzugsweise allerdings die Galenischen Lehren wiedergibt. Dieses Kompendium erschien 1314 und wurde bis in das 16. Jahrhundert an vielen medizinischen Schulen als Lehrbuch benützt; es enthielt auf 77 Quartseiten alles damals Wissenswerte der menschlichen Anatomie, namentlich ausführlichere Darstellungen über die Eingeweide, des Hauptgegenstandes der inneren Medizin. Den Beginn machen die Organe der Bauchhöhle, dann folgt die Brust, Teile des Kopfes, einiges von den Wirbeln; ein kurzer Abschnitt über die Gliedmaßen bildet den Schluß. Gewisse am Schädel präparierte Knochen konnten „propter peccatum" nicht genauer untersucht werden, wie der Autor vom Gehörorgan schreibt. Der Bauch heißt noch Mirach, das Bauchfell Siphac, das Netz Zirbus, das Sprungbein Caib usw., arabistische Benennungen, die der betreffenden Periode entsprechen, aus welcher Mundin in diejenige der Restauration bereits hinweist.

Als fernere Vorläufer der Restauration der Anatomie sind zu nennen Wilhelm Koch aus Basel (1471—1532), Winther von Andernach (1478—1574) in Löwen, Straßburg und Paris, Theodor Zwinger von Basel (1533—1588) und Anutius Foësius in Metz (1528—1591), welche die Schriften des Hippokrates, Galen, Oribasius und anderer alter Ärzte herausgaben, kommentierten, rezensierten und dadurch für deren Verbreitung sorgten. Andere Männer traten mit selbständigeren Werken über Anatomie auf, wie Magnus Hundt in Leipzig (Antropologium 1501), Gabriel de Zerbis (1468—1505) zu Padua und Rom (Anathomia 1502); Berengar von Carpi († 1530) zu Pavia (Comentaria supra anathomiam Mundini 1521, mit trefflichen Abbildungen). Ferner gehört hierher Alexander Achillinus

1) J. Hyrtl, Onomatologia anatomica. Wien, 1880; und: Das Arabische und Hebräische in der Anatomie. Wien, 1879.

2) Über diesen wichtigen Gegenstand vergl. R. Leonhard: Die Universität Bologna im Mittelalter. Leipzig, 1888.



Fig. 17.
Franz Josef Gall 1758—1828.



Fig. 18.
George Cuvier 1769—1832.

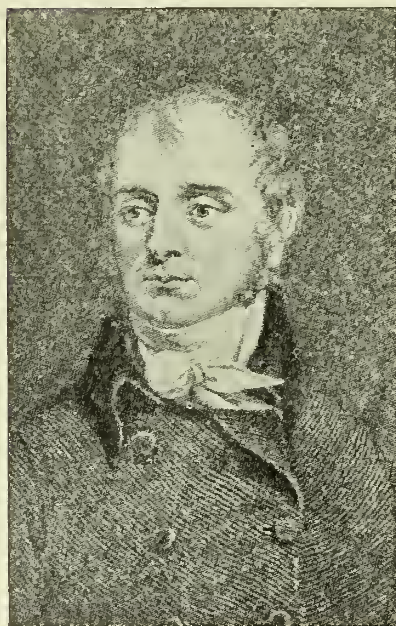


Fig. 19.
François Xaver Bichat 1771—1802.



Fig. 20.
Charles Bell 1774—1842.

(1463—1512) in Bologna (Annotationes anatomicae), entdeckte u. a. das im Altertum nur wenigen bekannte und bezweifelte, im Mittelalter bis dato nicht erwähnte Jungfernhäutchen (velamen), und Alexander Benedetti zu Padua († 1525, Anatomice Basil. 1527).

Das Studium der Anatomie blühte zu jener Zeit namentlich in Paris, wo außer Winther von Andernach besonders Guido Guidi (Vidus Vidius, † 1569, De anatomia corporis humani) und Jacques Dubois (Sylvius, 1478—1555; Commentarii in Galenum de ossibus, Par. 1561) in erfolgreicher Tätigkeiten wirkten. Sie zogen eine große Zahl eifriger Schüler an, von welchen ein Teil sich später durch eigene Leistungen auszeichnete.

Keiner jedoch von allen erreichte an Bedeutung nur von ferne einen dieser Schüler, den mit Recht sogenannten Reformator der Anatomie. Andreas Vesal (Fig. 3). Aus einer Familie von Ärzten stammend, die den Namen Wittings führte, aber, da sie aus Wesel stammte, ihren Namen bei ihrer Auswanderung nach den Niederlanden in Wesele umänderte, wurde 1514 zu Brüssel geboren und widmete sich zu Löwen dem Studium der Sprachen und Naturwissenschaften. 1532 ging er zur Fortsetzung seiner Studien nach Montpellier und von da nach Paris, wo er seinen früheren Lehrer Winther, sowie Vidius und Sylvius traf und mit dem größten Eifer Anatomie trieb. Bald wurde er bei Sylvius Prosektor, ging aber schon 1534 nach Löwen zurück und las hier Anatomie. Schon im nächsten Jahr zog er mit dem Heere Karls V. wieder nach Frankreich, von da nach Italien, wo er Gelegenheit zu zahlreichen Leichenuntersuchungen hatte und die Irrtümer Galens wahrnahm. Sieben Jahre hindurch (1536—1543) trug Vesal als Professor der Anatomie und Chirurgie in Padua und abwechselnd auch in Pisa und Bologna seine neuen Lehren vor und bearbeitete sein großes Werk „De corporis humani fabrica libri septem", welches 1543 in Basel gedruckt wurde. Fast in allen Gebieten bringt dasselbe Neues oder bisher nur mangelhaft Erkanntes zu klarer Darstellung, welche durch Holzschnitte nach Zeichnungen von Stephan von Calcar illustriert wird. So wurde hier zum ersten Male der Bau des menschlichen Organismus in meist naturgetreuer Wiedergabe gezeigt. Nicht in allen Stücken zwar übertrifft er Galen, gegen den er nicht überall Recht behalten hat. Von Venedig aus eine Pilgerfahrt nach Jerusalem unternehmend, erlitt er auf der Rückreise bei Zante Schiffbruch und starb hier, durch Krankheit gebrochen, im Elend (1564).

Die neuen Lehren Vesals führten die heftigsten Kämpfe von Seiten der Anhänger Galens herbei. Die hervorragendsten Gegner waren Jakob Sylvius, sein Lehrer, und Batholomäus Eustachius in Rom, von welchen der Letztere als einer der bedeutendsten Meister in der Anatomie zu gelten hat († 1574). Er behandelt in trefflicher Weise das Gehörorgan, die Bildung der Zähne, die der Kopfbewegung dienenden Muskeln, die Vena azygos, den feineren Bau der Nieren und anderes, gedenkt dabei zugleich aber auch der ersten Bildung der Organe und der Vergleichung mit tierischen Befunden. Ein von ihm zur Begründung seiner eigenen Ansichten unternommenes Werk ging leider verloren. 38 dazu gehörige Kupfertafeln blieben in langer Verborgenheit und wurden erst 1714 durch Lancisi der Vergessenheit entrissen. Sie zeigen, daß Eustachius in vielen Stücken genauer beobachtet hat als Vesal und auch in zahlreichen Entdeckungen ihn übertraf.

Das Beispiel Vesals, seine Schriften und die Streitigkeiten, welche ihrer Veröffentlichung folgten, veranlaßten eine große Zahl tüchtiger Männer zu selbständigen Forschungen auf dem Gebiet der Medizin. Nach vielen Jahrhunderten tiefen Schlummers und des Niederganges der Wissenschaft blühte jetzt ein frisches Leben auf. Entdeckung folgte auf Entdeckung. Die Namen vieler Anatomen jener Restaurationsepoche gingen in die anatomische Nomenklatur über.

Einer der bedeutendsten Zeitgenossen Vesals war Gabriel Fallopia (Fig. 4) aus Modena (1523—1562), sein Schüler und treuer Anhänger, welcher in Pisa und Modena wirkte und sich durch sorgfältige Untersuchungen auszeichnete (Observationes anatomicae 1561). Ihm folgt Michael Serveto (1509—1553), Schüler von Fallopia, der auf Calvins Anstiften in Genf als Ketzer verbrannt wurde. Ferner sind zu nennen Leonard Botallo, geb. 1530 zu Asti; Fabricius ab Aquapendente, 1537—1619, in Padua, welcher unter anderem die Venenklappen genauer kennen lehrte und sich durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen auszeichnete; Phil. Ingrassias, 1510—1580, in Neapel, welcher genaue Untersuchungen der Knochen lieferte; Realdus Columbus, † 1559, Prosektor Vesals und Professor in Padua (De re anatomica); Cäsar Arrantius in Bologna, 1530—1589 (De humano foetu); Constantin Varolius, in Bologna, 1543—1575 (De nervis opticis); Felix Plater, in Basel, 1536—1642 (De corporis humani structura 1583); Caspar Bauhin, in Basel, 1550—1624 (Theatrum anatomicum 1579); Julius Casserius, in Padua, 1561—1616 (Tabulae anatomicae); Adrianus Spigelius, in Padua, 1578—1625 (De corporis humani fabrica).

Durch die unterdessen gewonnenen Bereicherungen wurde allmählich ein Zustand angebahnt, welcher nicht allein den Bau, sondern auch die Lebenstätigkeit des menschlichen Körpers besser verstehen



Fig. 21.
Karl Friedrich Burdach 1776—1847.

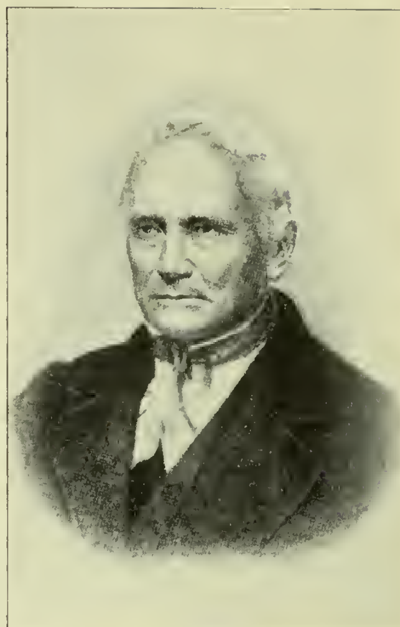


Fig. 22.
Johannes Purkinje 1787—1869.



Fig. 23.
Karl Ernst von Baer 1792—1876.

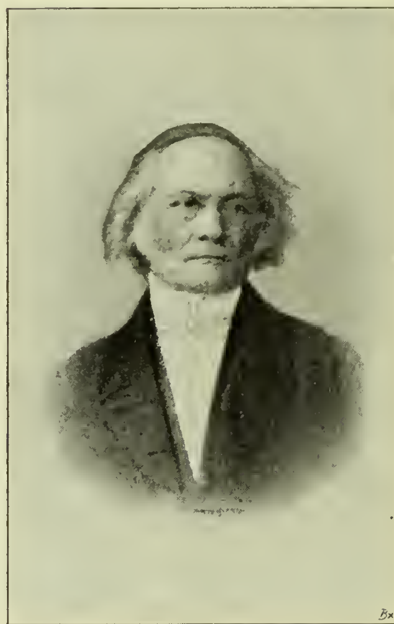


Fig. 24.
Ernst Heinrich Weber 1795—1878.

lehrte und namentlich die Entdeckung des Blutkreislaufes herbeiführte, obwohl man noch weit davon entfernt war, das Blut selbst als ein besonderes Organ des Körpers würdigen zu können. Es fehlte nicht an Vorläufern; insbesondere hatte Serveto gezeigt, daß die Scheidewand des Herzens undurchdringlich sei und das Blut die Lungen passiere, um vom rechten zum linken Herzen zu gelangen. Realdus Columbus bestätigte und erweiterte diese Beobachtungen und fügte die bei Vivisektionen gemachte Entdeckung der Systole und Diastole des Herzens hinzu. Hierzu kam noch die Entdeckung der Venenklappen durch Canani (1547) und deren genauere Beschreibung durch Fabricius (1574).

Einem Schüler des letzteren, William Harvey, 1578—1657 (Fig. 5), zu Folkstone in England geboren, gelang es, auf Grundlage ausgedehnter Untersuchungen, die Lehre vom Kreislauf des Blutes in einer Weise zu begründen, wie dieselbe unseren heutigen Anschauungen im wesentlichen entspricht (Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus, Francof. 1628).

Als Gegner dieser Lehre traten besonders auf Joh. Vesling zu Padua, 1598—1649; Moritz Hofmann in Altdorf (1621—1698); C. Folius in Venedig, der im übrigen ein tüchtiger Anatom war; Joh. Riolan, der Sohn, 1580—1657, in Paris (Opuscula anatomica nova, Paris, 1649).

Auf der anderen Seite fand die neue Lehre warme Verteidiger und zwar besonders an Werner Rolfink, in Jena, 1599—1673 (Dissertationes anatomicae), und Johann Pecquet, in Montpellier, 1622—1674.

Es folgte auf dem Gebiet der Gefäßlehre zu dieser Zeit rasch eine Anzahl von Entdeckungen, welche Harveys Lehre zugleich erweiterten und befestigten. Schon vor der Veröffentlichung von Harveys Buch hatte Caspar Aselli, 1571—1626, in Pisa, von neuem (1622) die bereits von Erasistratus gekannten Chylusgefäße des Darmes beim Hunde entdeckt, welche 1628 La Peirese in Aix beim Menschen bestätigte. 1647 fand Pecquet den Milchbrustgang bei Tieren (Diss. anat. de circulatione sanguinis et chyli, Paris 1651), worauf Joh. van Hoorne denselben auch beim Menschen auffand (1652). Endlich lieferte Olaus Rudbeck in Upsala (1630—1702) eine sorgfältige Beschreibung der Lymphgefäße.

Gleichwie auf Vesals Tätigkeit ein neuer Aufschwung der anatomischen Wissenschaft gefolgt war, so trat ein solcher nach Harveys Auftreten ein. In allen Ländern Europas stehen Männer auf, welche die Wissenschaft mit neuen Tatsachen bereichern. Man erkennt hieran, wie die Wissenschaft allmählich zugleich in ausgedehnteren Gebieten Wurzel faßt und sich unter Ausbildung der Untersuchungsmethoden vertieft.

Im Jahre 1641 entdeckten M. Hofmann von Fürstenwalde und G. Wirsung aus Augsburg den Ausführungsgang der Bauchspeicheldrüse, den sie für ein Lymphgefäß hielten. Ferner sind zu nennen Franz Glisson in London (1597—1677) (Anatomia hepatis 1654); Fr. Deleboë Sylvius in Leyden, 1614—1672; Conrad Victor Schneider (1614—1680), in Wittenberg (De osse cribriforme 1655); Thomas Wharton, 1610—1673, zu London (Adenographia 1656); Nathaniel Highmore, 1613—1684, zu Oxford (Corporis humani disquisitio anatomica 1651); Thomas Willis, 1622 bis 1675, zu Oxford (Cerebri anatome 1664); Joh. Heinrich Glaser, 1628—1679, in Basel (Tractatus de cerebro, Basel, 1680).

IV. Stufe. Dem Restaurations- oder Reformationszeitalter der Anatomie folgt nunmehr ein anderes, dessen Kennzeichen gegeben ist durch die Einführung des einfachen und zusammengesetzten Mikroskopes in die Untersuchung der Körperwelt. Dauert es auch noch lange bis zur vollen Ausnutzung seiner Leistungsfähigkeit, so folgen alsbald wichtige Beobachtungen, die schon bis zu den Formelementen vordringen. Das Hinzutreten des Mikroskopes zu den Forschungsmitteln (1620) verleiht daher ein Recht, die anbrechende Epoche mit einem besonderen Namen zu bezeichnen: es ist der Beginn des mikroskopischen Zeitalters.

Es hebt an mit Marcellus Malpighi, 1628—1694, in Pisa, Messina und Bologna (Fig. 6). Er beobachtete 1661 mit dem Mikroskop den Blutlauf in den Lungen und im Gekröse des Frosches und befestigte dadurch die Harveysche Lehre, fand die nach ihm benannten Körperchen der Milz und Niere und schrieb unter anderem auch eine gute Abhandlung über die Haut: De externo tactus organo, Napoli 1665. Er wird als Begründer der mikroskopischen Anatomie betrachtet.

Ihm folgten im Gebrauch des Mikroskopes zunächst Anton von Leeuwenhoek, 1632 bis 1723, und Johann Swammerdam (1637—1680). Der letztere machte zum ersten Mal Versuche, die Beobachtung der Gefäße durch Füllung mit gefärbten Massen zu erleichtern, eine Methode, welche durch Friedrich Ruysch (Fig. 7), 1638—1731, in Amsterdam (Opera omnia anatomica 1737) zu hoher Vollkommenheit ausgebildet wurde.



Fig. 25.
Johannes Müller 1801—1858.



Fig. 26.
Andreas Retzius 1796—1860.



Fig. 27.
Friedrich Arnold 1803—1890.



Fig. 28.
Richard Owen 1804—1892.

Als derselben Epoche angehörig sind noch zu nennen: Richard Lower, 1631—1691, Arzt in London. Tractatus de corde. London 1669. — Niels Stenson (Stenonius) 1638—1686, Professor der Anatomie zu Kopenhagen, später apostolischer Vikar. De glandulis oris, Lugd. Bat. 1661. — Heinrich Meibom, 1638—1700, Professor der Medizin zu Helmstädt. De vasis palpebrarum. Helmst. 1688. — Reinier de Graaf, 1641—1673, Arzt zu Delfft. De virorum organis etc. 1668, 70, 72; de mulierum organis etc. L. B. 1672. — Raymund Vieussens (Fig. 8), 1641—1716, Professor in Montpellier. Traité nouveau du mouvement du coeur. Toulouse 1715. — Lorenzo Bellini, 1643—1704, aus Florenz, Professor in Pisa. Exercitatio anat. de structura et usu renum. Florent. 1662. — Jean Guichard du Verney, 1648—1730, Professor der Anatomie zu Paris. — Eduard Tyson, geboren 1651, Professor der Anatomie zu London. — Aug. Quirin Rivinus, 1652—1734, Prof. der Anatomie in Leipzig. De dyspepsia. Lips. 1678. — Caspar Bartholin, 1655—1738, Sohn von Thomas Bartholin dem Älteren, Professor der Anatomie in Kopenhagen. De ductu salivali hactenus non descripto. Hafn. 1684. — Joh. Conr. Peyer, 1653—1712, Arzt zu Schaffhausen. Exercitat. de glandulis intestini. Scaphusii 1677. — Joh. Conrad Brunner, 1653—1727, aus Schaffhausen, Professor in Heidelberg. De glandulis duodeni. Heidelberg 1687. — Alex. Littre, 1658—1726, Pariser Arzt. Description de l'urèthre de l'homme, mémoires de l'acad., 1700. — François Pourfour Petit, Akademiker in Paris. Canalis Petiti, 1726. — Anton Nuck, Professor der Anatomie zu Leyden, 1650—1692. Adenographia curiosa, 1691. — Theodor Kerkring aus Hamburg, Arzt zu Amsterdam, 1640—1693. Spicilegium anatomicum, 1670. — Anton Maria Valsava, 1666—1723, Schüler Malpighis, Professor der Anatomle zu Bologna. De aure humana tract. 1704. — William Cowper, 1666—1709, Prof. der Anat. zu Oxford. Myotomia reformata. Lond. 1694. Anatomy of human body, 1697. — Jakob Benignus Winslow, 1669—1760, Prof. der Anat. zu Paris. Sein Lehrbuch, Exposition anat. de la struct. du corps humain, Paris 1732, deutsch Basel 1754, erlebte nicht nur mehrere Auflagen, sondern wurde auch ins Englische, Italienische und Lateinische übersetzt. — Adam Christian Thebesius, 1668 bis 1720, Arzt zu Hirschberg in Schlesien. Dissertatio medica de circulat. sanguinis, Lugd. B. 1708; sein Sohn Joh. Ehrenfried Thebesius, tüchtiger Geburtshelfer. — Henry Ridley, Arzt in London. Anatomy of the brain, London 1695; Anatomia cerebri ex anglico in latinum diligenter transl., Lugd. Bat. 1725. — Jacob Douglas, 1675—1742, Arzt und Anatom in London, Lehrer Hallers. Description of the peritoneum etc., London 1730. — Martin Naboth, 1675—1721, Prof. in Leipzig. De sterilitate mulierum, Lips. 1707. — François Poupart, 1676—1708, Prof. in Paris. Aufsätze in den Mem. de l'acad., Suspenseur de l'abdomen, 1705. — Rau (Ravius), Badenser, 1668—1719, Prof. in Leyden. — Joh. Dominic. Santorini, 1681—1737, Prof. in Venedig. Observationes anatomicae, Venet. 1724. — Abraham Vater, 1684—1751, Prof. in Wittenberg, 1717. De novo bilis diverticulo, Vitemb. 1720. — Anton Ferrein, 1692—1769, Prof. in Paris. Observations sur la structure des viscères etc. Mém. de l'acad. 1749.

Mit den letzten der genannten Männer sind wir bereits in das achtzehnte Jahrhundert eingetreten. Die verschiedensten Abschnitte der Anatomie hatten durch bedeutende Vertreter unserer Wissenschaft Pflege und Ausbau gefunden, wodurch die praktische Medizin allmählich eine immer sicherere Grundlage erhielt. Aber immer noch fehlte es an einer systematischen Bearbeitung des Zusammenhanges zwischen den krankhaften Erscheinungen während des Lebens und den Befunden nach dem Tode; da trat ein italienischer Anatom auf, Giovanni Batista Morgagni (Fig. 9) aus Forli, Prof. zu Padua, 1682—1771, und versuchte zuerst in seinem unsterblichen Werke: De sedibus et causis morborum, Venet. 1761, die anatomischen Grundlagen der Krankheiten in größerem Umfange nachzuweisen; er wurde so der Begründer der pathologischen Anatomie. Im achtzehnten Jahrhundert nimmt zwar die Zahl der hervorragenden Anatomen ab, allein noch immer findet sich eine Anzahl tüchtiger Forscher, welche genannt werden müssen. Alexander Monro, der Vater, 1697—1767, Prof. in Edinburg. Anatomy of the bones. Edinb. 1728. — Alexander Monro, der Sohn, 1733—1817. Three treatises on the brain, the eye and the ear, Edinb. 1797. — Bernhard Siegfried Albinus (Weiß) 1697 bis 1770, aus Frankfurt a. d. Oder, schon als 24jähriger Mann Nachfolger seines Lehrers Rau in Leyden, hat sich durch die Herausgabe eines klassischen Atlas ein bleibendes Denkmal gesetzt. — Joseph Lieutaud, 1703—1780, Arzt zu Paris. Observations sur la structure de la vessie; Mém. de l'acad. 1753. — Joseph Bertin, 1712—1781, Akademiker in Paris. Description de deux os inconnus; Mém. de l'acad. Paris 1744. — Johann Nathaniel Lieberkühn, 1711—1765, Arzt in Berlin, tüchtiger Mikroskopiker. De fabrica et actione villorum intestini. Lugd. Bat. 1745.

Von wesentlichem Einfluß auf die Entwicklung der gesamten Medizin und dabei auch auf diejenige der Anatomie und Physiologie war Albrecht Haller (Fig. 11) 1708—1777, der Sohn eines Berner Patriziers. Im Jahre 1723 ging er nach Tübingen, um Medizin zu studieren, von da nach



Fig. 29.
Matthias Schleiden 1804—1881.

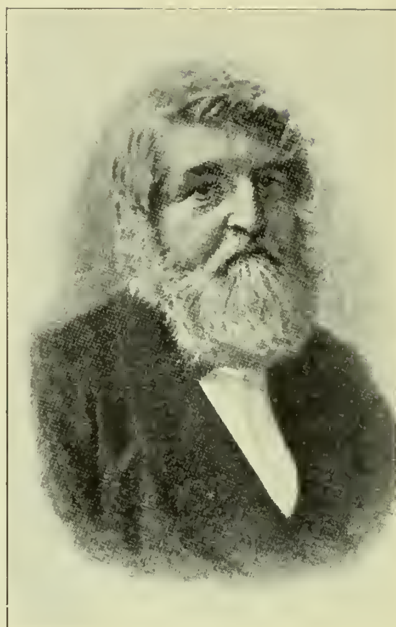


Fig. 30.
Theodor L. W. Bischoff 1807—1882.

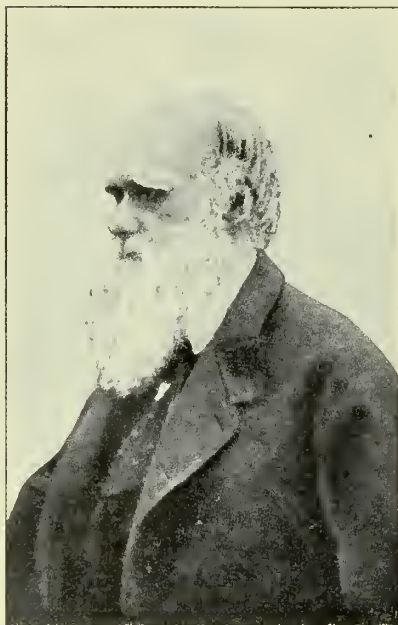


Fig. 31.
Charles Darwin 1809—1882.



Fig. 32.
Jakob Henle 1809—1885.

Leyden zu Boerhave und Albinus. Schon 1727 wurde er Doktor der Medizin; er verließ Leyden und begab sich zuerst zu Douglas in London, dann zu Winslow nach Paris. Von dort mußte er wegen Leichenraubes flüchten und wurde 1728 Schüler von Joh. Bernoulli in Basel, während er zugleich Vorlesungen über Anatomie hielt. 1736 wurde er Professor der Anatomie und Chirurgie in Göttingen und blieb daselbst bis 1753, um welche Zeit er seiner Gesundheit wegen nach Bern übersiedelte. Wenn Haller auch als seine Hauptaufgabe die Neubegründung der Physiologie ansah und demgemäß auch die Elementa Physiologiae corporis humani, Lausanne 1759–1766, als sein Hauptwerk anzusehen sind, so wirkte er doch in allen Zweigen der Medizin befruchtend; dabei war er zugleich gewiegter Staatsmann, tüchtiger Botaniker, begabter Dichter. Seine Lehre von der Irritabilität, worin er die Abhängigkeit des Lebens von der Tätigkeit des Herzens nachzuweisen suchte, fand anfangs viele Gegner, aber anderseits auch warme Verteidiger, welche seine Lehre unterstützten und weiter verbreiteten. Unter ihnen sind zu nennen: Joh. Friedrich Meckel, der Großvater, 1724—1774 einer der Lieblingsschüler von Haller, zuerst Prof. am Theatrum anatomicum zu Berlin, später Professor der Anatomie in Halle. Tractatus de quinto pare nervorum cerebri, Gött. 1748. – Joh. Gottfried Zinn 1727—1759, aus Ansbach, Prof. in Göttingen. Experimenta circa corpus callosum etc. Gött. 1749; de ligamentis ciliaribus programma, 1753. — Felice Fontana, 1730—1805, Prof. in Pisa. De partibus sentientibus et irritabilibus. — Andere hervorragende Anatomen jener Zeit waren: Peter Camper, 1722—1789, aus Leyden (Fig. 12). Diss. inaug. de visu, 1746. — William Hunter, 1718—1783, Arzt zu London. Anatomia uteri humani gravidi tabulis illustrata, 1774. — John Hunter (Fig. 13), Williams Bruder, 1728—1793, Gründer des berühmten Londoner Museums. Gubernaculum Hunteri. — Friedrich Gasser, vom Jahre 1757 an Professor der Anatomie in Wien. Untersuchungen über Hirnnerven. — Antonio Caldani, 1725—1813, Professor zu Bologna, Venedig und Padua. Icones anatomicae, Venet. 1801. — Pierre Demours, Ophthalmolog in Paris, † 1795. Lettre à Mons. Petit, Paris 1767. — Antonio de Gimbernat, Anatom in Barcelona, später in Madrid. Nuevo metodo de operar en la hernia crurali, Madrid 1793. — Carl Samuel Andersch, 1732—1777, aus Königsberg, Schüler Hallers. Ganglion Anderschii. — Domenico Cotugno, 1736—1822, Professor in Neapel. Untersuchungen über das Gehörorgan. — Heinrich August Wrisberg, 1739–1808, Hallers Nachfolger in Göttingen. Observationes anat. de quinto pare nervor. etc. 1777. — Antoine Portal, 1742—1832, Anatom in Paris. Histoire de l'anatomie etc. 1770. — Antonio Scarpa, 1752—1832, Schüler Morgagnis, Professor in Modena und Pavia, vorzüglicher Förderer der chirurgischen Anatomie. — Felix Vicq d'Azyr, 1748—1794, Akademiker in Paris, Arbeiten in den Mém. de l'académie, 1774–1784. — Paolo Mascagni, 1752 1815, Professor in Siena, Pisa und Florenz. — J. Descemet, Prof. in Paris, 1732—1810. Mémoires et observations sur la choroide, 1768; Vasor. lymphatic. corporis hum. historia et iconograph., 1787. — Jacques Tenon, 1760—1816, Akademiker Paris. Mémoires et observations sur l'organe de la vue, 1806. — Aus dieser Zeit ist noch besonders hervorzuheben: Samuel Thomas von Sömmering (Fig. 16), 1755—1830, welcher in seinem 23. Jahre bereits eine hervorragende Arbeit über die Gehirnbasis „de basi encephali etc., Gött. 1778" veröffentlichte und später ausgedehnte Arbeiten über Anatomie herausgab. Sein Lehrbuch „Vom Baue des menschlichen Körpers", 1791—96, zeichnete sich durch große Klarheit der Darstellung aus und erfuhr in dem 4. Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts eine neue Bearbeitung durch eine Anzahl von Gelehrten. Ein Schüler Wrisbergs, war er als Lehrer in Kassel nnd Mainz tätig, später vielbeschäftigter Arzt in Frankfurt am Main.

Von Lehrern der Anatomie, welche am Schluß des achtzehnten Jahrhunderts tätig waren, sind noch zu nennen: Friedrich Theodor Meckel, der Sohn, 1756—1803, Dissert. de labyrintho auris, Argent. 1774, und Joh. Friedr. Meckel, der Enkel, in Halle 1781—1831. — Joh. Christ. Reil, 1759—1813, Kliniker in Halle und Berlin. Genaue Untersuchungen über das Gehirn in seinem Archiv für Physiologie, Bd. 8 und folgende. — Joh. Ehrenritter, † 1790, Anatom in Wien; über den Nervus glossopharyngeus, Salzburger med.-chirurg. Zeitung, 1796.

An der Grenze des 18. und 19. Jahrhunderts wurde durch einen hervorragenden Forscher, Franz Xaver Bichat (Fig. 19), 1771—1802, ein neuer Fortschritt in der Entwicklung der Anatomie bezeichnet, indem derselbe durch sein unsterbliches Werk: „Anatomie générale etc., Paris 1801" die allgemeine Anatomie als Wissenschaft begründete und namentlich auf den innigen Zusammenhang der Anatomie mit der Physiologie aufmerksam machte. Im 25. Jahre begann er seine Lehrtätigkeit in Paris, um im 31. Jahre seinen übermäßigen Anstrengungen durch den Typhus zu unterliegen.

Außer den bereits oben genannten Männern, welche schon zu Ende des achtzehnten Jahrhunderts in Tätigkeit waren, sind aus dem Beginn des vorigen Jahrhunderts noch zu nennen: Gilbert Breschet, 1784—1845, Akademiker in Paris. Essais sur les veines du rachis etc., Paris 1819; Le



Fig. 33.
Theodor Schwann 1810—1882.

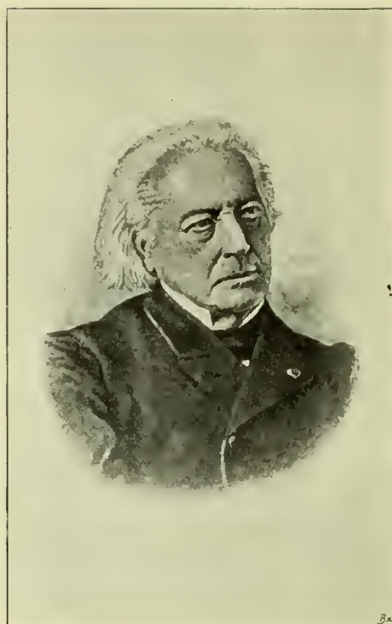


Fig. 34.
Ph. C. Sappey 1810—1896.

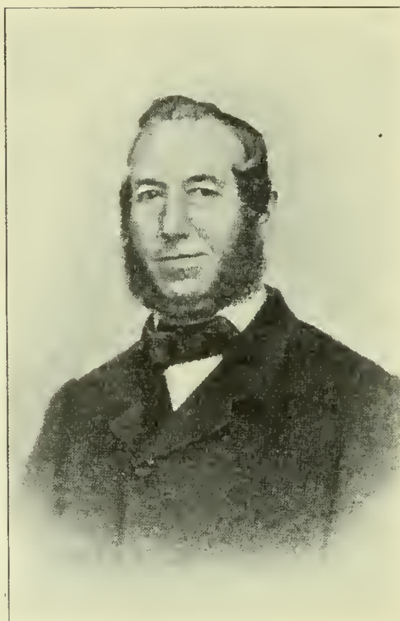


Fig. 35.
Bernhard Stilling 1810—1879.



Fig. 36.
Karl Reichert 1811—1883.

système veineux, Paris 1827—1830. — Die Brüder John und Charles Bell (Fig. 20) in Edinburg, von letzterem stammt die genauere Begründung der Wirkungsweise der Wurzeln der Rückenmarksnerven, Philos. Transactions, 1821, deutsch in Meckels Archiv VIII. — Ludwig Jacobson, 1783—1843 Professor in Kopenhagen. Aufsatz über den Zungenschlundkopfnerven in Nova acta societ. med. Hafniens, 1818. — Friedrich Hildebrandt, aus Hannover, Prof. in Erlangen, 1764—1816. Vorzügliches Lehrbuch der Anatomie, 1789—1792. — Joh. Christ. Rosenmüller, 1771—1820, Prof. in Leipzig. — Friedrich Tiedemann, 1781—1861, Professor in Heidelberg, und sein Schwiegersohn Vincenz Fohmann, Professor in Heidelberg und Löwen. Anatom. Untersuchungen über die Verbindung der Saugadern mit den Venen, 1822. — Arthur Jakob, Professor in Dublin. An account of a membrane in the eye. Phil. transact. 1819. — Friedrich Arnold (Fig. 27), 1803—1890, Prof. in Heidelberg, über den Ohrknoten, 1828; der Kopfteil des vegetativen Nervensystems, 1831. — Ernst Heinrich Weber (Fig. 24), Prof. der Anatomie in Leipzig, 1795—1878.

V. Stufe. Dem Beginn der mikroskopischen Forschung folgt jener inhaltschwere Abschnitt, welcher sein Gepräge erhält durch das breitere Eingreifen der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte in die Vorstellungen vom Menschen. Beide gewaltige Zweige der Wissenschaft traten fast gleichzeitig ins Dasein. Für beide war es von der größten Bedeutung, daß das Mikroskop bereits erfunden war.

Diese Stufe ist nicht ohne Vorläufer, denn das zoologische Studium lag nicht etwa darnieder, sondern es ging seine eigenen Wege. Dasselbe gilt von der Entwicklungsgeschichte.

Hier ist zunächst Linné's (Fig. 10) zu gedenken. In seiner Klassifikation der Pflanzen und Tiere (Systema naturae) war er dazu gelangt, auch dem Menschen seinen bestimmten Platz anzuweisen. Er erkannte die wesentliche Einheit der Tiere und Pflanzen und setzte beide Reiche als Organisata der nichtlebenden Welt gegenüber. Die Affen bilden nach Linné mit dem Genus homo die Ordnung der Primaten, die mit anderen Ordnungen zu den Säugetieren gehören.

Als Begründer der vergleichend-entwicklungsgeschichtlichen Forschung ist hinsichtlich der vergleichenden Anatomie George Cuvier (Fig. 18) zu nennen, 1769 zu Mömpelgard (Montbéliard, damals württembergisch) geboren und in der Karlsschule zu Stuttgart erzogen, anfangs Theologe, von 1795 an in Paris, wo er 1832 starb. Er ist zugleich der Begründer der Paläontologie und hat sich durch sein „Règne animal" und seine „Anatomie comparée" unsterbliches Verdienst erworben. In mancher Hinsicht gehen ihm Haller, Hunter (Fig. 13) und noch entschiedener Vicq d'Azyr voraus, aber an umfassender Vergleichung und klarer Verallgemeinerung stehen sie so weit hinter Cuvier zurück, das man dennoch berechtigt ist von ihm zu sagen, er eröffne das Zeitalter der vergleichend-anatomischen Untersuchung. Cuvier entwirft in seiner „Anatomie comparée" ein tiefdurchdachtes und umfassendes Bild von den Grundzügen der gesamten tierischen Organisation, welches auch den Menschen einschließt und die Beziehungen der mannigfaltigen Organisationen zu einander darstellt und erwägt. Besonders hervorzuheben ist das „Gesetz der Korrelation der Organe". Die letzteren werden in ihrer wechselseitigen Abhängigkeit betrachtet und dadurch im einzelnen dem Verständnis nähergebracht.

In Deutschland wurde sein Werk von Goethe (Fig. 14), Bojanus, Meckel dem Jüngeren von Siebold, Johannes Müller (Fig. 25) und vielen Neueren würdig fortgesetzt. In England ist seine Richtung namentlich durch Owen (Fig. 28) vertreten. In Frankreich ist eine Reihe berühmter Anatomen, wie Etienne Geoffroy St. Hilaire, De Quatrefages, Milne-Edwards und Lacaze-Duthiers in dieser Richtung besonders tätig gewesen.

Als Begründer derselben Forschung in entwicklungsgeschichtlicher Richtung ist Kaspar Friedrich Wolff zu nennen. 1733 zu Berlin geboren, Akademiker in Petersburg, † 1794, hat sich Wolff unsterblichen Ruhm erworben durch seine Theoria generationis, 1759, (übersetzt v. Samassa. Leipzig 1896), mit welcher er zeigte, daß die frühesten Zustände des Körpers andere Formen besitzen als die späteren, daß eine große Reihe von Umgestaltungen und Neubildungen im Laufe der individuellen Entwicklung sich vollzieht und daß die verwickelten späteren Formen aus einfachen blattähnlichen Formen hervorgehen. Mit dieser seiner Theorie der Epigenesis stürzte er die Theorie der Präformation oder Evolution, nach welcher die spätere Form des Körpers schon in der frühesten vollständig und nicht nur dem Kräfteplane nach vorliegt und während der Entwicklung nur größer wird. Doch wurden er und sein Werk erst im 19. Jahrhundert der Vergessenheit entrissen (durch den bereits genannten Joh. Fr. Meckel d. J.) und zur Geltung gebracht.

Eingehender noch als Wolff schilderte in der Folge Pander 1794—1865, die erste Anlage des Hühnchens und die Keimblätter (1817). Als das Mittel, welches die Umgestaltungen der einfachen Anlage zu den verwickelten späteren Formen hervorbringt, erkannte er das Wachstum und die Ver-



Fig. 37.
Joseph Hyrtl 1811—1894.



Fig. 38.
Wenzel Gruber 1814—1890

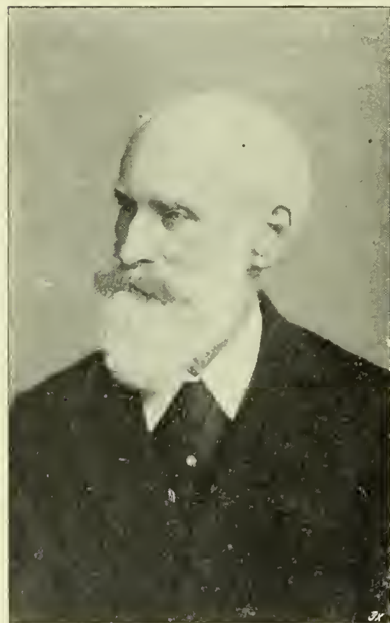


Fig. 39.
Hermann Meyer 1815—1892.

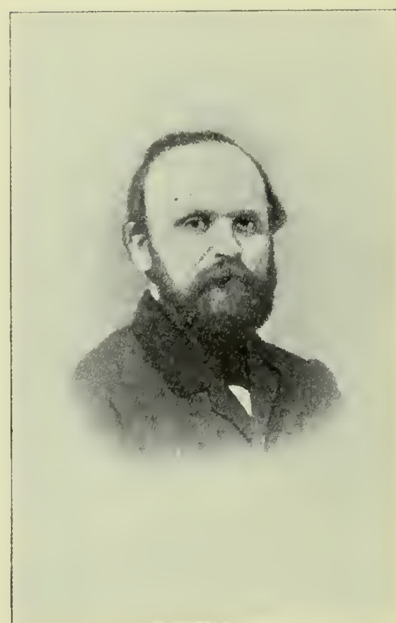


Fig. 40.
Robert Remak 1815—1865.

mehrung der Formbestandteile des Keims und erblickt in den dadurch bewirkten Faltenbildungen der ersten Anlage den Weg der Umformung.

Den größten Anteil an dem Fortschritt der Entwicklungsgeschichte hatte darauf Karl Ernst von Baer (Fig. 23) (1792—1876), welcher durch Pander zu entwicklungsgeschichtlichen Studien angeregt worden war und gleich ihm unter der Leitung von Ignaz Döllinger in Würzburg gearbeitet hatte. In seinen „Beobachtungen und Reflexionen über die Entwicklungsgeschichte der Tiere“ (1828—1837) vertiefte von Baer nicht allein die bereits gewonnenen Grundlagen, sondern zeigte auch die ganze Tragweite der Entwicklungsgeschichte. Seine allgemeinen Ergebnisse kommen von anderer Seite zu derselben Beurteilung des Tierreiches, wie sie Cuvier vom vergleichend-anatomischen Standpunkt aus gewonnen hatte. Während bis dahin die sogenannten Graafschen Follikel des Eierstockes der Säugetiere für das Säugetierei gehalten wurden, entdeckte von Baer das in jenen Follikeln eingeschlossene Ei (De ovi mammalium et hominis genesi, Lipsiae 1827). Nachdem Purkinje (Fig. 22) 1825 das Keimbläschen des Vogeleies entdeckt hatte, wurde dieses beim Säugetierei durch Coste (1834) und durch Wharton Jones (1835) aufgefunden. Rudolf Wagner fand 1835 den Keimfleck. Die sehr bedeutenden späteren Fortschritte beruhen darauf, daß nach und nach nicht allein das ganze Tierreich auf die individuelle Entwicklungsgeschichte seiner zahllosen Vertreter untersucht wurde, sondern daß zugleich auch die Untersuchungsmethoden eine außerordentliche Verfeinerung erfuhren. Es entstand die vergleichende Entwicklungsgeschichte. Indem wir in dieser Hinsicht uns begnügen, das Handbuch der Entwicklungsgeschichte von Fr. Balfour zu erwähnen, verweisen wir im übrigen auf die reiche entwicklungsgeschichtliche Literatur der letzten Jahrzehnte, über welche, soweit sie sich auf Wirbeltiere bezieht, die rühmenswerten Lehrbücher der Entwicklungsgeschichte von Ch. S. Minot, Kollmann, H. E. Ziegler, A. Kölliker und O. Hertwig weitreichenden Aufschluß geben.

Zur vergleichenden Anatomie (Anatomia comparata) und Entwicklungsgeschichte (Ontogenesis) gesellt sich aber auch die Stammesgeschichte (Phylogenesis).

Die vergleichende Anatomie der Tiere und Pflanzen nimmt für ihre ersten Aufgaben das Tier- und Pflanzenreich als gegeben an. Auch die Wissenschaft der individuellen und vergleichenden Entwicklungsgeschichte untersucht nur die Art und Weise, wie aus den schon vorhandenen elterlichen Individuen neue Individuen sich bilden. Sie fragt nicht nach der ersten Entstehung der Individuen (Protogenesis), sondern nach der Wiederentstehung (Deuterogenesis).

Früher oder später aber mußte sich die Wissenschaft mit der so höchst wichtigen Frage beschäftigen, wie denn die ersten Individuen entstanden seien, mit anderen Worten, wie die Entstehung der Arten gedacht werden müsse.

Der erste Versuch, eine Entwicklungsgeschichte der Arten zu geben, wurde von Jean Lamarck, 1744—1829, seit 1794 Professor der Zoologie zu Paris, unternommen (Philosophie zoologique ou Exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux, Paris 1809). Er suchte nachzuweisen, daß in der Natur nirgends scharfe Trennungen, sondern überall allmähliche Übergänge der Formen und Baupläne sich vorfänden, so daß die Entstehung der Arten auf einer stufenweis fortgeschrittenen Entwicklung beruhend gedacht werden könne. Die von seiner Seite gegebenen Anregungen verschwanden jedoch alsbald fast spurlos und verhallten in der für die Erledigung dieser Frage noch nicht genügend vorbereiteten Zeit. Es bedurfte eines mehrfach wiederholten Pochens an die Tore der Zeit, besserer Vorbereitung, umfassenderer Grundlagen, um der Theorie Beachtung zu verschaffen.

Mit Befriedigung aufgenommen wurde indessen im Jahre 1811 der von Joh. Friedr. Meckel in den Beiträgen zur vergleichenden Anatomie Bd 2 gegebene „Entwurf einer Darstellung der zwischen dem Embryozustand der höheren Tiere und dem permanenten der niederen stattfindenden Parallele“. Doch ruhten im allgemeinen die Untersuchungen in dieser Richtung.

Um so gewaltiger war die Bewegung, welche der erneuerte Versuch einer Lösung dieser Frage durch einen Mann hervorbrachte, welcher das Licht der Welt erblickte im gleichen Jahre, in welchem Lamarck seine Philosophie zoologique veröffentlichte.

Charles Darwin (Fig. 31), aus Shrewsbury in England, Sohn eines Arztes, schöpfte die ersten Gedanken zur Entwicklung seiner Theorie, welche fortfährt, alle Naturforscher in Atem zu erhalten, auf einer in den Jahren 1831—1836 zu wissenschaftlichen Zwecken veranstalteten Reise um die Erde, bei welcher ihm die reichste Gelegenheit zur Beobachtung der Lebensverhältnisse und der Verbreitung von Tieren und Pflanzen geboten war. Nach seiner Rückkehr prüfte er die gewonnenen Anschauungen durch Beobachtungen bei Züchtungen der Haustiere und Gartenpflanzen und fand hierbei eine große Übereinstimmung mit der Art, wie auch in der Natur regelmäßig solche Umbildungen sich

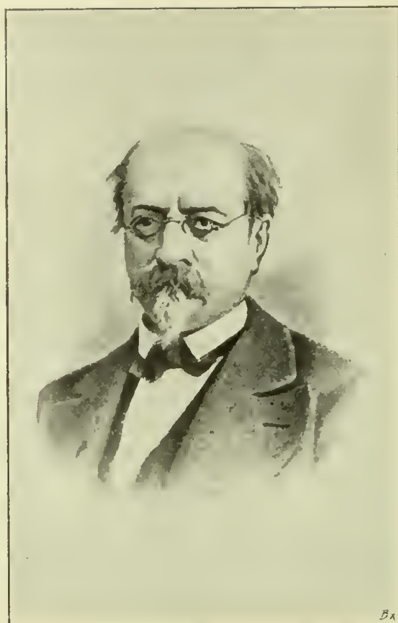


Fig. 41.
Charles Robin 1821—1885.

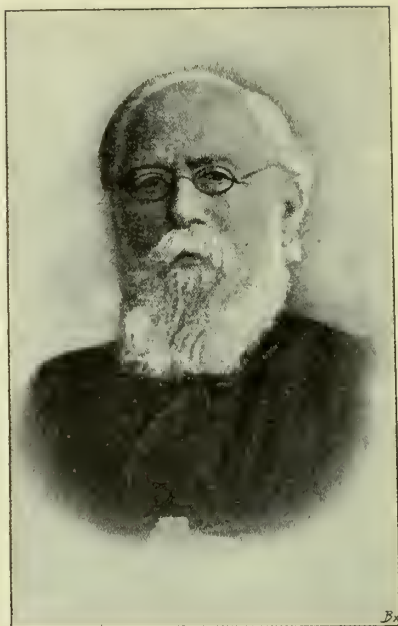


Fig. 42.
Hermann Welcker 1822—1897.

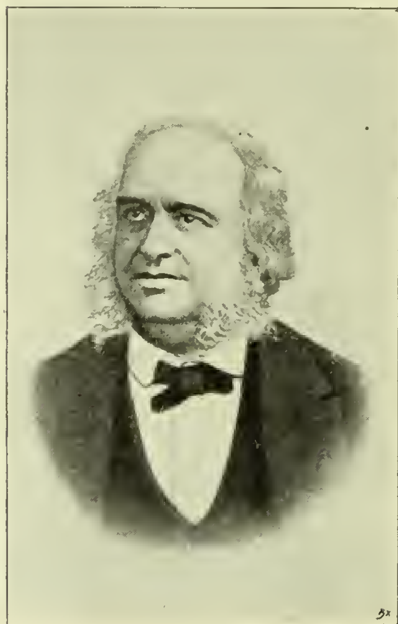


Fig. 43.
Paul Broca 1824—1880.

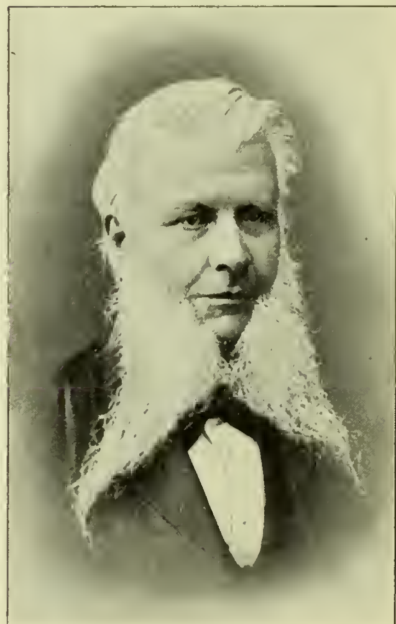


Fig. 44.
Friedrich Bidder 1810—1894.

entwickeln. Nach langjähriger Prüfung veröffentlichte er endlich im Jahre 1859 sein Hauptwerk „On the origin of Species by means of natural selection". 1863 veröffentlichte Th. Huxley (Fig. 45) seine „Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur", worin zuerst die Darwinsche Lehre ausdrücklich auf den Menschen übertragen wurde. Indessen hatte man schon zuvor stillschweigend die Theorie auch auf den Menschen auszudehnen nicht vergessen.

Besonders hervorzuheben auf diesem Gebiete ist das berühmte Werk von Ernst Häckel: „Generelle Morphologie der Organismen" (1866).

Das Jahr 1871 brachte dann wieder von Darwin: „The descent of man and selection in relation to sex", deutsch von V. Carus.

Der Grundgedanke der Darwinschen Theorie besteht darin, daß Vererbung und Anpassung im Kampf ums Dasein die beiden großen Prinzipien sind, aus deren Wirksamkeit die Mannigfaltigkeit der Organismen sich hervorgebildet hat. Die höheren Organismen erscheinen in dieser Beleuchtung als umgewandelte Erzeugnisse der tieferstehenden, ohne daß eine da oder dort eintretende Rückbildung ausgeschlossen wäre. Sämtliche Organismen aber sind der Theorie zufolge untereinander mehr oder weniger verwandt. Die Vererbung tritt dabei auf als erhaltende, die Anpassung als umgestaltende Kraft, welche den tieferstehenden Organismus im Lauf der Zeiträume auf die möglichen Stufen höherer Vollkommenheit erhebt. Das Gemeinsame erscheint als ererbtes, das Unterscheidende als erworbenes Gut. Nicht nur der ganze Körper, sondern auch seine einzelnen Organe zeigen uns je eine besondere Geschichte. Die einzelnen Organe, wie die ganzen Körper, werden darum nicht allein nach ihren gegenwärtigen Zuständen und Leistungen, sondern vor allem nach ihrer Geschichte zu beurteilen sein. Die gegenwärtige Form kann im Lichte der Theorie nur aus ihrer Stammesgeschichte beurteilt werden.

Die Deszendenz-Theorie hat seit ihrem Auftreten in den Vorstellungskreisen verschiedener Forscher sich in verschiedener Weise weiter ausgebildet, wenn auch der Grundgedanke der Transmutation festgehalten worden ist.

Die Literatur der stammesgeschichtlichen Entwicklung ist außerordentlich umfangreich und in den Werken über vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte nachzusehen.

VI. Stufe. Wir kommen jetzt zu der Betrachtung der letzten Stufe der Anatomie, der elementaren Stufe, wie man sie nennen muß.

So vielfältige und ausgedehnte Anwendung auch dem Mikroskop seit seiner Erfindung zuteil geworden ist, so dauerte es doch geraume Zeit, bis die allein durch seine Mitwirkung mögliche elementare Stufe ins Dasein gelangen konnte. Die Erkennung der Formelemente, aus welchen der pflanzliche und tierische Körper sich hervorbildet und auf späteren Stufen zusammengesetzt ist, gibt dieser Stufe den Namen.

Vorläufer der Kenntnis der Formelemente sind mehrfach vorhanden. Schon Leeuwenhoeck waren die Formelemente nicht gänzlich entgangen; er hatte sie „Klößchen" genannt, ein Ausdruck, der gleich einer Verurteilung über den bezüglichen Gebilden zu schweben schien. Zudem war ihm die Bedeutung jener Elemente völlig entgangen.

Nach anderen sollten die kleinsten Teile aus Kügelchen oder Körnchen bestehen, durch deren verschiedenartige Aneinanderlagerung wieder andere Gebilde hervorgehen. Am nächsten kamen der Erkennung des wirklichen Sachverhaltes die bereits genannten älteren Embryologen Wolff, Pander, Baer. Die Keimscheibe des eben gelegten Hühnereies besteht, wie Pander auf das deutlichste schildert, aus einer großen Anzahl zusammengeordneter Kügelchen, die sich vermehren und dadurch das Wachstum des ganzen Gebildes veranlassen. Allein von der Keimscheibe bis zum erwachsenen Tier ist ein weiter Weg, und es blieb verborgen, wie es sich in der Folge mit den Kügelchen verhielt.

Am nächsten war Oken der Wahrheit gekommen, indem er kleine lebende Bestandteile, die er Infusorien nannte, als Grundlage der Zusammensetzung des Körpers annahm. Allein diese Auffassung verflüchtete sich, da sie nicht ausführlicher begründet wurde, nur allzubald.

Leichter als bei den höheren Tieren lag die Aufgabe im Reich der Pflanzen.

Schon Robert Hooke, ein englischer Physiker, hatte 1665 am Hollundermark und bald an sehr vielen Pflanzen eine Zusammensetzung aus Elementen erkannt, welche er Cellulae nannte.

Auch Marcello Malpighi (1675 und 1679) und Nehemias Grew (1682) hatten eine weitgehende Kenntnis der pflanzlichen Elementarteile[1]). Malpighi unterschied parenchymatöse und faserige Gewebe, schilderte auch die Luftröhren und Milchgefäße. Grew vergleicht die Beschaffenheit parenchymatöser Gewebe mit Bierschaum.

1) M. Heidenhain, Schleiden, Schwann und die Gewebelehre. 1899.

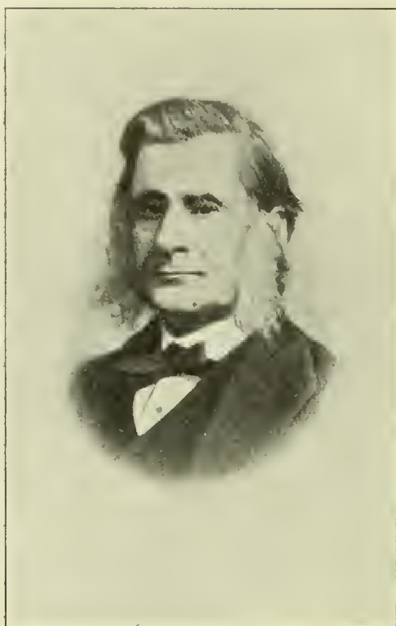


Fig. 45.
Thomas Huxley 1825—1897.

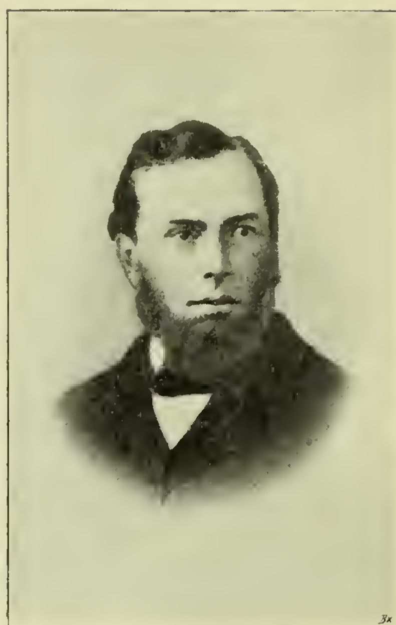


Fig. 46.
Max Schultze 1825—1874.



Fig. 47.
Theodor Meynert 1833—1892.



Fig. 48.
Albert Kölliker 1817—1905.

Die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderss führten eine große Blüte der Pflanzenanatomie herbei. Hier sind Sprengel, Bernhardi, Treviranus, Rudolphi, Moldenhawer, später Mohl hervorzuheben. 1830 lautet der Begriff der Zelle folgendermaßen: „Eine Pflanzenzelle ist ein von einer vegetabilischen Membran umschlossener Raum."

Aus Meyens Phytotomie (1830) sei noch folgendes Zitat entnommen:

„Die Pflanzenzellen treten entweder einzeln auf, so daß jede Zelle ein eigenes Individuum bildet, wie bei Algen und Pilzen dies der Fall ist, oder sie sind in mehr oder weniger großer Masse zu einer höher organisierten Pflanze vereinigt; auch hier bildet jede Zelle ein für sich abgeschlossenes Ganzes; sie nährt sich selbst und verarbeitet den aufgenommenen rohen Nahrungssaft zu den verschiedenartigen Stoffen und Gebilden."

Den Kern der Gewebezellen bei Mono- und Dikotyledonen hatte 1831 R. Brown aufgefunden. Die Teilung der Zellen scheint zuerst Dumortier 1832 an einer Fadenalge (Conferva aurea) beobachtet zu haben. Mohl verfolgte die Teilung 1835 genauer, ebenfalls an einer Fadenalge usw. Auch Meyen legt 1838 viel Gewicht auf die Zellteilung.

Im Jahre 1838 erschien Schleidens berühmt gewordener Aufsatz: Beiträge zur Phytogenesis. Hier wirft er u. a. die Frage auf: „Wie entsteht denn eigentlich dieser eigentümliche kleine Organismus, die Zelle?" Er findet den Kern konstant in allen jungen Zellen und wird dadurch auf den Gedanken gebracht, daß der Kern etwas mit der Genese der Zellen zu tun haben müsse. Das Ergebnis lautet endlich: Neue Zellen entstehen immer im Innern älterer Zellen. Zuerst sieht man im Grundstoffe Kernchen, dann den Kern. Von der Oberfläche hebt sich eine Membran blasenförmig ab, so ist die Zelle entstanden.

Auf die Botaniker hat Schleidens mit vielen Irrtümern und Mängeln behafteter Aufsatz keine bedeutende Wirkung ausgeübt, wohl aber auf einen jungen Anatomen, Schüler von Johannes Müller. Theodor Schwann, der zu dieser Zeit gleich Schleiden in Berlin lebte.

Schon 1839 erschien Schwanns Schrift „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen," Berlin 1839, worin er nachzuweisen versucht, daß dasselbe Formelement auch die Grundlage des Tierlebens bilde, und daß aus der Veränderung und Umbildung dieser Bläschen oder Zellen die verschiedenartigen Gewebe und Organe hervorgehen.

Wohl fehlte noch viel im Ausbau des Einzelnen; es fehlte selbst nicht an starken Irrtümern im einzelnen, wie z. B. nach Schwann die Zellen im freien Blastem entstehen sollten. Allein die Grundlagen waren doch gewonnen.

Alle folgenden Untersuchungen führten nach mannigfachen Kämpfen schließlich zu der Überzeugung, daß von dem Ei an, welches eine Zelle ist, eine ununterbrochene Reihe von Teilungen dieser Zelle sich fortsetzt durch die ganze Entwicklungszeit hindurch. Die Zelle stellt dar den Elementarorganismus, den einheitlichen Formbestandteil im ganzen unendlichen Gebiete der Organisata, d. i. der Pflanzen und Tiere. Sie ist mit bestimmten Lebenseigenschaften begabt, von ihr leiten sich alle zusammengesetzten Gebilde des Organismus ab. Die auf niedrigster Stufe befindlichen lebenden Wesen sind auf der Stufe der einfachen Zelle stehen gebliebene Organismen. Diese Erkenntnisse bilden einen gewaltigen Fortschritt, wie nicht weiter ausgeführt zu werden braucht. Denn wenn die Zellen und ihre Abkömmlinge als die Bausteine der höheren Organismen gelten, so müssen sie auch als Träger des Lebens erscheinen; alle Verrichtungen des lebenden Körpers sind an sie gebunden und gehen von ihnen aus.

Wie allmählich aus den Untersuchungen über die Zelle die umfassende Zellenlehre hervorging, so geschah es auch mit der Lehre von den Geweben, der Histologie. Cytologie und Histologie sind zu herrlichen selbständigen Wissenschaften aufgeblüht. Mit ihnen zusammen machte die vergleichende Anatomie bedeutende Fortschritte. Eine Menge scharfsinniger Forscher und tiefsinniger Gelehrter fanden ein ergiebiges Arbeitsfeld, welchem Fleiß und Genie reiche Schätze abgewannen. Viele von denen, welche in der letzten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts wesentlichen Anteil hatten an der Ausgestaltung dieser Disziplinen, weilen noch unter uns, geehrt und bewundert von der stetig wachsenden Schar ihrer Schüler. Einige der besten, R. Virchow, Kölliker, Gegenbaur, His, Kupffer, Flemming sind in der letzten Zeit geschieden. Ihre Namen sind mit der Entwicklung der Anatomie eng verbunden, ihnen werden viele, grundlegende Tatsachen verdankt, die schöpferische Kraft ihrer Ideen aber wird noch lange Zeit hinaus sich geltend machen.

Von der Entwicklungsgeschichte beginnt sich ein neuer Zweig, die Entwicklungsphysiologie, Entwicklungsmechanik (Roux) abzutrennen. — Nachdem genügend Tatsachenmaterial gesammelt war, begann man nach den Ursachen zu fragen. Das Experiment gewann in der entwicklungsge-



Fig. 49.
Carl Gegenbaur 1826—1903.



Fig. 50.
Wilhelm His 1831—1904.



Fig. 51.
Rudolf Virchow 1821—1902.

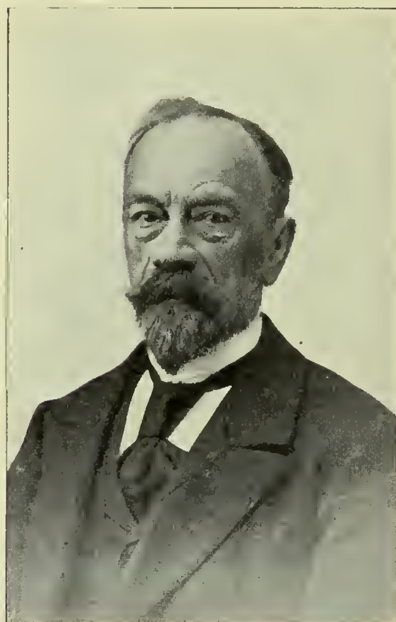


Fig. 52.
Karl Wilhelm v. Kupffer 1829—1903.

schichtlichen Forschung große Bedeutung. Zahlreiche, namentlich jüngere Forscher sind auf diesem neuerschlossenen Gebiet, als dessen Vorläufer Rauber anzusehen ist, an der Arbeit.

Am Schlusse dieses historischen Abschnittes angelangt, wird der aufmerksame Leser nicht umhin können, seinen Blick von der Vergangenheit und Gegenwart auf die Zukunft zu richten, um zu überlegen, wie sich etwa die Aufgaben der anatomischen Forschung für die nähere oder entferntere Zukunft gestalten mögen, ob schon jetzt solche Aufgaben sichtbar seien und vom Horizont der Gegenwart sich abheben.

Gar leicht könnte es dabei dem Nichteingeweihten scheinen, die Hauptsachen seien alle schon in unserem sicheren Besitz und höchstens noch Nebendinge zu besorgen. Allein wie sehr würde ein jugendlicher Beurteiler sich damit täuschen! Wo früher kaum einzelne Fragen vorlagen, da sind solche mit dem Fortschreiten der Wissenschaft jetzt zu Tausenden gleich Pilzen emporgeschossen. Wo hundert neue Tatsachen bekannt geworden sind, da sind zugleich Millionen von unbekannten Dingen an den überraschten Beobachter herangetreten.

Zu einer weiteren übersichtlichen Einführung in die gegenwärtige Sachlage können wir nichts Besseres tun, als den Studierenden hinzuweisen auf eine interessante Schrift von A. Kölliker, die schon früher erwähnt wurde: „Der jetzige Stand der morphologischen Disziplinen mit Bezug auf allgemeine Fragen", Jena 1887. Ferner sei hingewiesen auf die von G. Schwalbe herausgegebenen „Jahresberichte der Anatomie und der Entwicklungsgeschichte" und auf die von Fr. Merkel und R. Bonnet herausgegebenen „Ergebnisse der Anatomie und der Entwicklungsgeschichte".

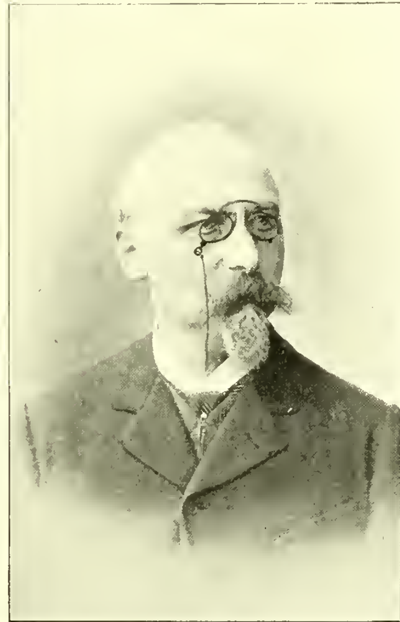


Fig. 53.
Walter Flemming 1843—1905.

Der Schluß des historischen Teiles fordert noch zu anderen Betrachtungen auf.

Die Geschichte der Anatomie ist eine so eigentümliche, daß man sich der Frage nicht erwehren kann, welches die Bedingungen gerade dieser Art des Ablaufes gewesen seien.

In erster Linie werden wir nicht darüber im Zweifel sein können, daß die Geschichte der Anatomie einen wichtigen Teil der Kulturgeschichte der Menschheit darstellt. Der gewaltige Anteil der Wissenschaft im ganzen an der Kultur des menschlichen Geschlechts ist leicht erkennbar und unbestritten; sie ist die Lichtträgerin im Dunkel der Zeiten, wie die Kunst den Blick in das Reich des Schönen führt. Wer aber den Anteil, welcher der Anatomie, und selbst allein der Anatomie des Menschen auf diesem Gebiete zukommt, nicht sofort zu würdigen vermöchte, dem wollen wir zu bedenken geben, daß, wenn irgendwo, so hier vor allem der Satz Geltung hat: Tua res agitur! Über das Wesen des Menschen, über sein Verhältnis zu dem übrigen belebten Naturteil, über seine Stellung im Reich der Schöpfung müssen wir, wenn irgendwo, bei ihr uns erkundigen. Was wäre das für eine stückweise Kultur, welche zwar beispielsweise Gemälde und Werkzeuge zu beurteilen und hervorzurufen verstände, aber über den Maler selbst und über den Werkmeister, über den Menschen als solchen nichts auszusagen wüßte.

Im Zusammenhang mit der übrigen Kultur hat sich auch, so sehen wir, die Anatomie mit ihren großen Bundesgenossen entwickelt. Anfangs wesentlich mit

R. v. Töply, Studien zur Geschichte der Anatomie im Mittelalter. 1898.

der Heilkunde vergesellschaftet und gemeinsamen Weg gehend, aber doch auch früh schon dem freien Willenstriebe überlassen, hat sie sich unendlich langsam weitergebildet, mit langen Stillständen und Rückschritten, bis sie endlich in den letzten Jahrhunderten raschen Schrittes einholte, was ihr früher zu erreichen nicht beschieden war. Sie hat sich als Wissenschaft dabei gänzlich von der Heilkunde befreit, um ihr dadurch nur desto reichere Früchte in den Schoß zu schütten. Nicht allein der Heilkunde hat sie Förderung erwiesen und sich ihr unentbehrlich gemacht auf allen ihren Wegen, sondern allem, was mit der Menschheit in Zusammenhang steht, hat sie unendlichen Nutzen gebracht und nie versäumt, der Menschheit das vollkommene Bild des Menschen vorzuhalten.

Daß ihr Weg Jahrtausende hindurch so verlassen und öde war, kann nicht auffallen. Es ist der Weg der Naturwissenschaft im ganzen. Die Erkenntnis des Menschen ergibt sich nicht dem raschen, noch so sehnsuchtsvollen Andrängen, sondern es bedurfte zur Erreichung dessen, was bereits gewonnen ist, des Fortschrittes der gesamten, in näherem oder fernerem Umkreise sie umgebenden Naturwissenschaft.

Dritter Abschnitt.

Pflanze, Tier und Mensch.

Das Reich der Organisata, der Lebewesen (d. h. der belebte Teil der Natur, Pflanzen und Tiere), unterscheidet sich vom unorganischen Teil der Natur durch folgende Merkmale:

1. Die stoffliche Grundlage ist im Gegensatze zu den Grundstoffen und Stoffzusammensetzungen des unorganischen Naturteils das Protoplasma, sowie die Kern- und Zentralkörperchenstoffe.
2. Das Formelement ist die Zelle.
3. Als Äußerungen des Lebens sind hervorzuheben:
   a) Der Stoffwechsel, d. i. Aufnahme, Verarbeitung, Abgabe von Stoffen;
   b) das innere Wachstum, gegenüber dem Wachstum durch Anlagerung, wie bei den Kristallen;
   c) die Zellteilung und die Gewebebildung;
   d) die Reizempfindlichkeit und die Empfindung;
   e) die aktive Bewegung;
   f) die Fortpflanzung;
   g) der Tod, welcher typisch immer nur als partieller Untergang auftritt.

Die Unterscheidung der Lebewesen in Pflanzen und Tiere ist dem alltäglichen Leben entnommen; durchgreifende Unterscheidungsmerkmale sind nicht vorhanden, denn beide Reiche fließen in ihren niedersten Formen ineinander. Erst bei den höheren Stufen wird der Gegensatz deutlich und zwar umso mehr, je höhere Formen mit einander verglichen werden.

Da sehen wir denn, daß die Pflanze ohne Empfindung und willkürliche Bewegung ihre Organe im wesentlichen durch äußere Flächenentfaltung entwickelt, von unorganischen Stoffen lebt, aus der Kohlensäure der Luft den Kohlenstoff abspaltet und ihn zum Aufbau des Körpers benutzt, während der Sauerstoff, dessen sie nur in geringem Grade bedarf, frei wird.

Das Tier dagegen ist ein frei und willkürlich beweglicher mit Empfindung begabter Organismus, welcher seine Organe im wesentlichen durch innere Flächenentfaltung entwickelt, unorganischer und organischer Stoffe zur Nahrung bedarf, Sauerstoff einatmet, unter dem Einfluß von Oxydationsvorgängen Spannkräfte in lebendige Kräfte umsetzt und Kohlensäure nebst stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukten ausscheidet.

Zum Tierreich gehört auch der Mensch, und zwar innerhalb des Stammes der Wirbeltiere zur Klasse der Säugetiere.

3*

Über seine Stellung in der Klasse der Säugetiere ist man verschiedener Meinung. Während Cuvier, später auch Owen und andere, für den Menschen die besondere Ordnung der Bimana aufstellen, halten Huxley und seine Anhänger die Unterscheidungsmerkmale des Menschen von den anthropoiden Affen für geringer und anerkennen sie nur als Familiencharaktere, im Anschluß an Linné, welcher den Menschen mit den Affen zur Ordnung der Primaten vereinigte. Die wichtigsten anatomischen Unterschiede zwischen dem Menschen und den anthropoiden Affen sind neben der gewaltigen Entwicklung des Gehirns und der Gestaltung des Schädels, der besonderen Ausbildung des Gebisses und des Kiefers, der aufrechte Gang, welcher die charakteristische Umbildung des menschlichen Fußes und die Befreiung der Hand von der Aufgabe der Lokomotion bedingte. [1])

Zurzeit ist die Frage nach den verwandtschaftlichen Verhältnissen des Menschen folgendermaßen zu beantworten: „Der Mensch ist eine besondere Primatenform. Seine nahe Verwandtschaft zu den Menschenaffen zeigt sich in der großen Übereinstimmung der frühesten Embryonalformen, sowie in der Unschädlichkeit der Bluttransfusion von Mensch auf Affe (Friedenthal).

Indessen stammt er von keiner der heute lebenden Primatenformen ab, sondern mit ihnen von einer gemeinsamen Urform (Klaatsch[2]), Schwalbe[3]). In manchen Punkten hat der Mensch das Bild der Urform besser bewahrt, als die übrigen Primaten, so in den Extremitäten (H. Klaatsch); in der mächtigen Ausbildung des Gehirnes dagegen hat er alle anderen Formen überflügelt. Sein Ursprung reicht in die Zeiten hoch hinauf und ist im Tertiär zu suchen.

Über die Frage nach dem Ursprunge das Menschen sind im Laufe der Zeit drei Haupttheorien zu Tage getreten.

Dieselben sind in folgender Weise zu formulieren:

1. *Θεὸς ἄνθρωπον γεννᾷ.*
2. *Ἄνθρωπος ἄνθρωπον γεννᾷ.*
3. *Προάνθρωπος ἄνθρωπον γεννᾷ.*

Die erste dieser Theorien: Gott erschuf den Menschen, ist die älteste aller Theorien und insbesondere der Ausdruck der meisten religiösen Systeme.

Die zweite Theorie: der Mensch erzeugt den Menschen, ist von Aristoteles entwickelt worden. Es ist eine echt naturwissenschaftliche Theorie. Die Beobachtung ergibt, daß heutzutage wie seit Menschengedenken, der Mensch immer nur vom Menschen stammt. Diese jedem erkennbare Wiedererzeugung (Deuterogenesis) weist auch auf den ersten Ursprung hin. Denn der Mensch konnte niemals auf eine andere Weise entstehen, als er jetzt seine Entstehung nimmt. Die Protogenesis fällt mit der Deuterogenesis zusammen. Es folgt aus dieser Theorie, daß der Mensch niemals nicht vorhanden war; er ist immer gewesen wie das Weltall selber, er ist von Ewigkeit. In der Tat spricht Aristoteles in bestimmter Weise diese Folgerung aus.

Die dritte Theorie: der Vormensch erzeugte den Menschen, d. h. ein der Organisation des Menschen nahe-, aber tieferstehendes Wesen brachte den Menschen hervor, ist die neueste und wiederum eine echt naturwissenschaftliche Theorie. Es ist die Theorie des Ursprungs der Arten durch Umwandlung niedriger in höhere Formen im Laufe der Zeit, sei es durch das Mittel der Vererbung und

1) G. Schwalbe, Die Stellung des Menschen im zoolog. System. Straßburger med. Zeitg. 1904.

2) H. Klaatsch, Fossile Knochenreste des Menschen. Ergebnisse der Anatomie. 1899, 1902.

3) G. Schwalbe, Die Vorgeschichte des Menschen. Vortrag, 75. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte. Naturwiss. Rundschau. 1903.

Anpassung im Kampfe ums Dasein (dies ist die Darwinsche Theorie), oder aus inneren Ursachen, wie andere annehmen. Sagen wir daher allgemeiner: die dritte Theorie ist die der Transmutation. Diese Theorie steht der aristotelischen ganz nahe. Man darf glauben, daß, wenn Aristoteles sie gekannt hätte, er derselben einen hohen Rang eingeräumt haben würde. Denn die Formen beider Zeugungen fallen mit einander zusammen. Auch in ihr fällt die Protogenese zusammen mit der Deuterogenese.

Welcher von diesen Theorien der höhere Wert beizumessen sei, darüber gehen die Anschauungen auseinander; wichtiger ist zunächst, daß wir sie alle drei als wertvolle Theorien anerkennen. Denn wenn auch wirklich die dritte mit ihren verschiedenen Arten sich zur Zeit im Kreise der Kenner die meisten Anhänger erworben hat, so dürfen wir nicht aus dem Auge verlieren, daß auch diese Theorie einen großen Weltplan voraussetzt, nach dessen unendlichen Gesetzen der Ablauf sich vollzieht; sie steht also immer noch der Hauptsache nach unter der Wirksamkeit der Theorie Nr. 1.

Die Frage nach der Arteinheit des Menschen kann verschieden erledigt werden je nach der Auffassung des Artbegriffes. Da man zwischen Art und Rasse keine strenge Grenze ziehen kann, so begnügen wir uns, über die menschlichen Rassen das Folgende zu sagen:

Der Mensch hat sich durch seine Anpassungsfähigkeit und unterstützt durch seine geistige Befähigung fast über die ganze Erde ausgebreitet und bewohnt sie zur Zeit in der ungefähren Anzahl von 1500 Millionen Individuen, wovon die Hälfte auf männliche, die andere Hälfte auf weibliche entfällt.

Da die Erde 136500000 qkm Festland enthält, so ergibt die Rechnung, daß zur Zeit auf 1 menschliches Paar $^1/_6$ qkm Festland entfällt.

Man kann entsprechend gewissen Unterscheidungsmerkmalen mehrere menschliche Rassen unterscheiden. Blumenbach unterschied gegen das Ende des 19. Jahrhunderts deren fünf und bestimmte sie nach der Beschaffenheit des Kopfes, der Form des Schädels, der Färbung der Haut und den Verhältnissen der Haare folgendermaßen:

1. die kaukasische Rasse, mit weißer Haut, blondem oder dunklem Haar, kugelig-gewölbtem Schädel, hoher Stirn, senkrechter Zahnstellung, schmaler Nase, länglich-ovalem Antlitz. Bewohner Europas, Westasiens und Nordafrikas. Ihr gehören die Völkerstämme der Indogermanen oder Indoeuropäer (Germanen, Kelten, Hindus usw.), die Semiten (Juden, Araber, Berber usw.) und die Slawen an;
2. die mongolische Rasse, mit gelber Haut, fast viereckigem kurzem Kopf, schmaler flacher Stirn, stumpfer Nase, vorstehenden Backenknochen, breitem Gesicht, schiefstehender Lidspalte und straffem schwarzem Haar. Bewohner Asiens, Lapplands und des nördlichen Amerikas (Eskimos);
3. die äthiopische Rasse, mit schwarzer Haut, dichtem krausem Haar, schmalem, langgestrecktem Schädel, stark vorspringenden, schräg aufeinander stoßenden Kiefern, dicken und wulstigen Lippen, kurzer stumpfer Nase, zurücktretender Stirn und Kinn, 75° Gesichtswinkel. Bewohner von Mittel- und Südafrika (Neger, Kaffern usw.);
4. die amerikanische Rasse, mit gelbbrauner oder kupferroter Haut, straffem schwarzem Haar, tiefliegenden Augen, vorstehenden Backenknochen, breitem Gesicht, schmaler Stirn, stumpfer, aber vorstehender Nase. Bewohner Amerikas;
5. die malayische Rasse, mit hellbrauner bis schwärzlicher Haut, dichten, schwarzen, lockigen Haaren, breiter dicker Nase, aufgeworfenen Lippen, vorstehenden Kiefern. Bewohner Australiens und des ostindischen Inselgebietes.

Andere Autoren nehmen 7, 12, 32 usw. Rassen an. Cuvier erkennt nur drei Rassen an, indem er auch auf die Kulturfähigkeit und Sprachunterschiede bei der Unterscheidung Gewicht legt.[1])

1. die weiße oder kaukasische,
2. die gelbe oder mongolische und
3. die schwarze oder äthiopische Rasse.

Die Rassen als solche sind nicht lebensfähig, sondern nur dadurch zu ausharrendem Dasein befähigt, daß mehr oder minder große Bruchstücke der Menschheit in staatlichen Verbänden verschiedenster Art zusammengefaßt leben. Die Zahl dieser Verbände ist zur Zeit außerordentlich groß, doch mit steigender Tendenz zu deren Verringerung. Daran werden auch die Selbständigkeitsbestrebungen kleiner Gruppen nichts ändern. Über die Beziehungen zwischen Rasse, Nation, Stamm und Staat vergleiche das interessante, aber den gewaltigen Gegenstand nicht ganz beherrschende Werk: Walter Bagehot, Der Ursprung der Nationen, Leipzig 1874.

Wenn mit dieser Auseinandersetzung der Blick in die räumliche Ausbreitung und Rassenbildung des Menschengeschlechtes eröffnet wird, so ist ein gleiches bezüglich der Zeitfrage erforderlich; mit anderen Worten, es ist zu betrachten, wie weit zurück in die Vorzeit der Ursprung des Menschen sich erstrecke, oder wenigstens nachweisbar sei, kurz, welches das Alter des Menschengeschlechtes sei.

Die Geologie weist nach, daß das Auftreten der verschiedenen Pflanzen- und Tierformen in bestimmten geologischen Zeitaltern erfolgt ist. Man vergleiche hierüber nachstehende graphische Darstellung, die dem Lehrbuche der Geologie von H. Credner entnommen ist.

Wir erkennen daraus, daß der Anfang des Menschengeschlechtes an das Ende der Tertiärperiode hinreicht, oder vielmehr, daß objektive Daseinsspuren des Menschen sich bisher nicht höher in die Zeiträume oder tiefer in die Schichtenfolge der Erde haben verfolgen lassen. Als solche objektive Daseinsspuren sind zu betrachten Skeletstücke des Menschen oder Erzeugnisse menschlicher Tätigkeit, wie Werkzeuge. In tieferen Schichten ist niemals eine Daseinsspur des Menschen bisher entdeckt worden, während doch Knochen etc. vieler Tiere häufig und an verschiedenen Orten aufgefunden worden sind. Die obertertiären Beweise des menschlichen Daseins sind an verschiedenen Orten nachgewiesen worden, so daß aus diesem Umstande auf eine damals bereits vorhandene räumliche Ausbreitung geschlossen werden muß.

Das Alter des Menschengeschlechtes in bestimmter Zahl auszudrücken ist dagegen nicht möglich, wenn auch verschiedene Vermutungen ausgesprochen worden sind, die außerordentlich weit voneinander abweichen. Die Frage nach dem numerischen Alter des Menschengeschlechtes ist in der Regel eine solche ungerechtfertigter Neugier, nicht so sehr aber der Wissenschaft. Nicht die Frage des

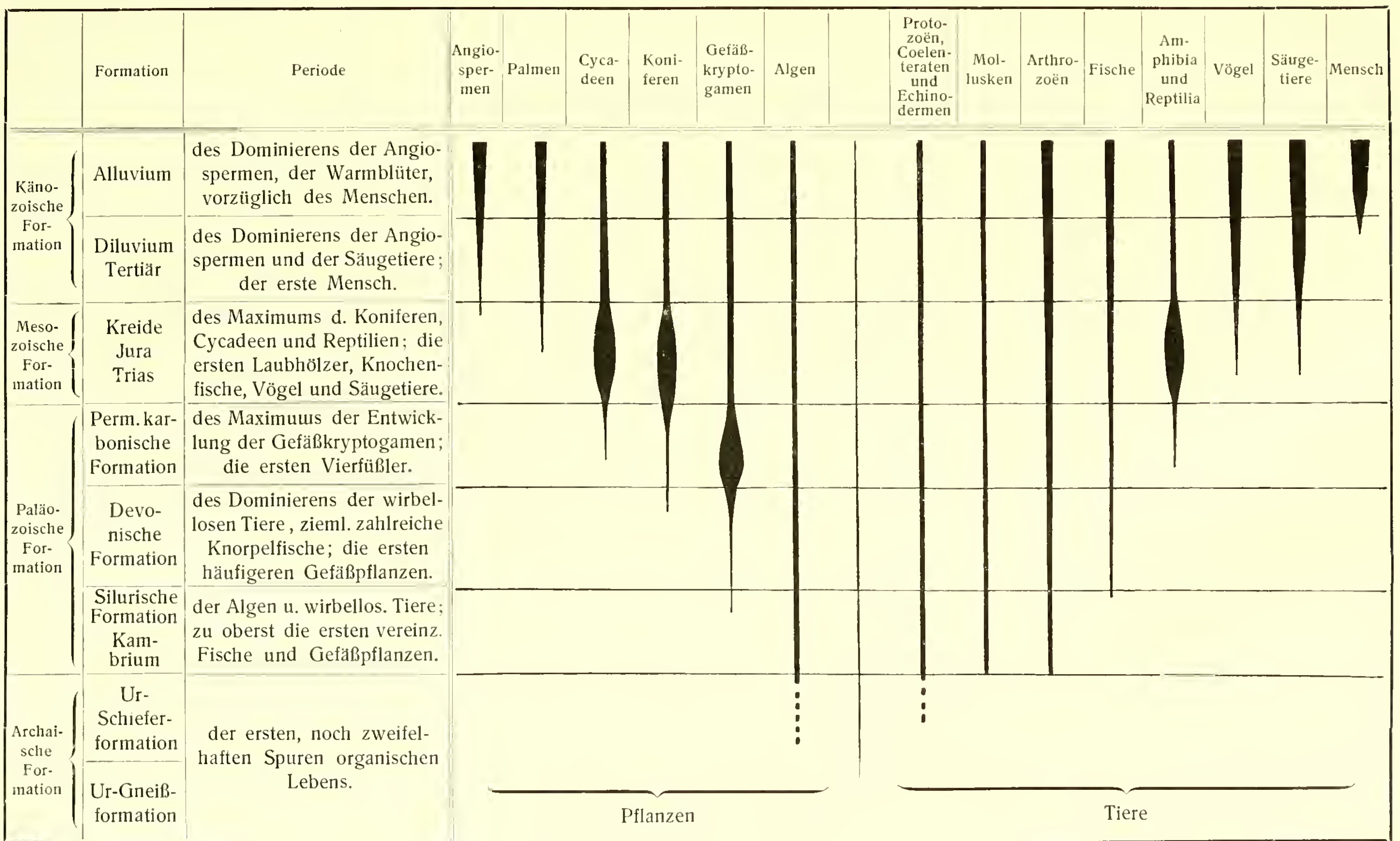
---

1) Fr. v. Hellwald, Die Völkerstämme und ihre Zweige. Basel 1887. — O. Peschel, Völkerkunde. Leipzig. 1874. — Fr. Ratzel, Völkerkunde (3. Bd.). Leipzig, 1885—88. II. Aufl. 1895. — P. Topinard, Anthropologie, Paris. Auch ins Deutsche übersetzt.

Th. Achelis, Moderne Völkerkunde. Stuttgart, 1896. — Julius Kollmann, Über die Beziehung der Vererbung zur Bildung der Menschenrassen. Korrespondenzblatt der Deutschen anthropologischen Gesellschaft 1898. — W. Waldeyer, Universitäten und anthropologischer Unterricht Korrespondenzblatt der Deutschen anthropologischen Gesellschaft 1899, Nr. 9. — R. Martin, System der (physischen) Anthropologie. Korrespondenzblatt deutsch. anthrop. Ges. 1907.

Graphische Darstellung

der allmählichen Entwicklung des organischen Lebens auf der Erde (nach Credner, Geologie, 7. Aufl.).



Wann steht obenan in der Wertfolge der Fragen bezüglich des Ursprungs des Menschen, sondern diejenige des Wie. Wir werden daher gut tun, uns mit der Kenntnis des geologischen Alters des Menschengeschlechtes zu begnügen, soweit dasselbe bisher objektiv hat festgestellt werden können. Über diese und die damit zusammenhängenden Fragen handelt die wichtige und von keinem Studierenden zu versäumende Urgeschichte des Menschen, d. h. die Geschichte des Daseins und der Tätigkeit des Menschen in jenem ganzen Zeitraume, welcher der Erfindung und dem Gebrauch der Schrift vorausging.[1])

1) A. Rauber, Urgeschichte des Menschen, 2 Bde. Leipzig, 1884. — G. Schwalbe. Ziele und Wege einer vergleichenden physischen Anthropologie. Stuttgart 1899. — G. Schwalbe, Zur Frage der Abstammung d. Menschen. Zeitschr. f. Morph. u. Anthrop. 1906. Enthält die gesamte neuere Literatur. — M. Alsberg, Die Abstammung des Menschen und die Bedingungen seiner Entwicklung. Cassel, 1902.

Vierter Abschnitt.

Von den Formelementen.

A) Allgemeines und Morphologisches.

Tiere und Pflanzen sind aufgebaut aus gleichartigen meist nur mit Hilfe des Mikroskops wahrnehmbaren Elementareinheiten, welche mit einem aus früherer Zeit stammenden und auf irrtümlichen Vorstellungen beruhenden Namen als Zelle, Cellula, bezeichnet werden.

Ihre hohe allgemeine Bedeutung ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

1. der Körper der Pflanzen und Tiere besteht aus Zellen oder deren Erzeugnissen;
2. der Körper der Pflanzen und Tiere hat in Zellen (Ei- und Samenzelle) seinen Ausgangspunkt;
3. Die Zellen sind die Träger der Lebensfunktionen, sie sind die Lebenseinheiten (R. Virchow, Cellularpathologie);
4. die systematisch am tiefsten stehenden Organisata sind einzellige Wesen, (Unicellulaten, Protisten). Die höheren Organisata dagegen bestehen aus Zellverbänden; es sind Multicellulaten (Metaphyten und Metazoen).

Hierbei ist zweierlei Auffassung möglich: Die Zellverbände sind zustande gekommen durch das Zusammentreten von Zellen; oder dadurch, daß eine wachsende einheitliche Masse durch Teilung in einen Verband von Einzelstücken sich gliederte. Das Einzelstück ist wiederum eine Zelle, obwohl nur ein Teil des Ganzen.

In jeder Zelle sind drei wesentliche Bestandteile vorhanden:

1. der Zelleib,
2. der Zellkern,
3. das Zentralkörperchen

Dazu kommen noch eine Anzahl accessorischer Bestandteile wie Zellmembran und Zelleinschlüsse.

Die Zellmembran gehört nicht zum Wesen der Zelle, wie Schleiden und Schwann auf Grund der Untersuchung pflanzlicher Zellen annahmen, indem sie die Zelle definierten als ein kleines Bläschen, welches in einer festen Membran einen flüssigen Inhalt einschließt. Für die von einer festen Zellulose-Membran umgebenen Pflanzen-Zellen (s. Fig. 54) ist die Bezeichnung außerordentlich passend, bei tierischen Zellen aber wird man meist vergebens nach einer besonderen Membran suchen. An ihrer Stelle findet sich eine verdichtete äußere Grenzschicht des Zelleibes.

Beispiele tierischer Zellen mit deutlichen Membranen sind die Fettzellen; auch die Hülle der gestreiften Muskelfasern, das Sarcolemm, ist eine Zellmembran.

Man muß sich schon jetzt mit Hermann Lotze[1]) fragen, ob alles bekannte Leben an die Form der Zelle gebunden sei oder auch unter anderen Formen auftreten könne. Die Form ist eine so flüssige, daß es sich mehr um den Stoff handeln wird, um diese Frage zu lösen. Alles bekannte

1) H. Lotze, Allgemeine Physiologie des körperlichen Lebens. Leipzig, 1851.

Leben ist an das Protoplasma und an die Kernstoffe gebunden. Selbst die kleinsten Lebewesen, die Bakterien, lassen, wie die neuesten Untersuchungen festgestellt haben, zweierlei Bestandteile erkennen, einen plasmatischen und einen nukleären, welcher tinktoriell die Nukleïnreaktion zeigt. Doch darf man auch hier nicht allein an einen chemischen Stoff, sondern an einen besonderen morphologischen Bau denken; andererseits hat ein solcher Minimo-Nucleus noch lange nicht den Kernbau höherer Formen. Dennoch muß man hiernach die Bakterien als Zellen ihrer Art, als Minimo-Cellulae betrachten.

Die Grundform der Zelle ist die Kugel; doch gibt es auch ellipsoidische, pyramiden-, säulen-, scheiben- und sternförmige Zellen der verschiedensten Art.

Die durchschnittliche Größe ist ungefähr 20 μ. Sie sinkt bei Blutzellen und lymphoiden Zellen herunter bis auf 2—6 μ, noch weiter bei gewissen Mikroorganismen, und erreicht bei anderen Zellen riesige Ausdehnungen, sei es in allen drei Dimensionen des Raumes, wie bei den Eiern der Fische, Amphibien und Vögel, oder im wesentlichen in der Längenausdehnung, wie bei den Nervenzellen, welche mit ihren Axenzylinderfortsätzen sich vom Rückenmark bis zu den Fingern und Zehen erstrecken, also meterlang sind.

1. Der Zelleib.

Chemische und physikalische Beschaffenheit: Der Zelleib besteht aus Protoplasma.

Protoplasma oder Cytoplasma ist nicht die Bezeichnung eines chemisch einheitlichen Stoffes, sondern ist ein morphologischer Begriff. Es besteht aus einer Anzahl von Eiweißkörpern (im wesentlichen Plastin, sowie Globuline, Albumosen und Albumine), viel Wasser und einigen Salzen. Dazu kommen noch Stoffwechselprodukte progressiver und regressiver Art. Die Reaktion ist alkalisch; es besitzt eine gleichartige, zähflüssige Beschaffenheit, quillt mit Wasser auf, gerinnt beim Erhitzen.

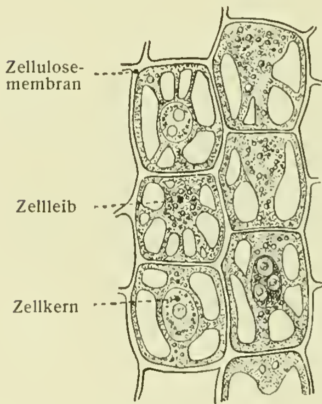


Fig. 54.
Pflanzenzellen (nach Sachs).

Struktur: Eine wichtige Frage ist, ob das Protoplasma nur in Form einer Lösung und innigen Mischung seiner einzelnen Bestandteile in der Zelle vorhanden ist, oder ob ihm eine besondere Struktur zukommt. Schon Hermann Lotze [1]) hat auf die Bedeutung dieses Umstandes hingewiesen; und man muß ihm darin beipflichten, es sei wahrscheinlicher, daß das Protoplasma nicht eine Lösung sei, sondern eine bestimmte Struktur besitze. Das Vorhandensein eines bestimmten Baues wird heute wohl von niemand geleugnet. Der Streit betrifft vielmehr die Art der Struktur: ob es sich handelt um einen spongiösen Bau (Frommann, Schmitz, Leydig), um Wabenstruktur (Bütschli) oder um Fäden und Zwischenfadensubstanz (Flemming). Zu diesen drei Theorien kommt dann noch die eigenartige Granulatheorie von Altmann.

Die Entscheidung ist bei der Schwierigkeit der Untersuchung schwer zu treffen, doch scheinen mir (Kopsch) physiologisch-chemische Tatsachen sehr zugunsten der Wabentheorie zu sprechen. Erschwert wird die Entscheidung noch dadurch, daß die von den einzelnen Untersuchern bei verschiedenem Material mit verschiedenen Methoden gefundenen Strukturen nicht vergleichbar sind, denn der eine beschreibt die einzelnen Zimmer des Hauses (d. h. der Zelle), der andere den

Bau der Wände und ihren Aufbau, der dritte gar die Struktur der einzelnen Bausteine und den Mörtel. Schließlich wird wohl, wie so oft, das Richtige in der Mitte liegen.

Der Inhalt der erwähnten vier Theorien kann kurz folgendermaßen dargestellt werden:

Nach der Anschauung von der netzigen oder spongiösen Struktur befindet sich im Protoplasma ein feines Netzwerk von Fäserchen, in dessen Lücken Flüssigkeit (Paraplasma, Kupffer) vorhanden ist.

Nach Bütschli ist der Bau des Protoplasmas ein schaumiger und erinnert an ein Wabenwerk. Diese Vorstellung entspricht ganz einer von Rauber selbst schon zuvor vorgetragenen Ansicht, welche die pflanzlichen Zellen zum Ausgangspunkt der Betrachtung nahm [1]). Indessen ist mit dieser Aufstellung nur ein Teil der Frage des Protoplasmabaues beantwortet. Bezüglich der Stränge und Platten,

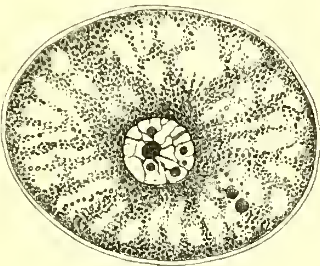


Fig. 55.

Fig. 55. Reifendes Ei aus dem Ovarium der Feldmaus, Schnittpräparat, 330:1, mit vakuolenhaltigem **trabekulärem Protoplasma** (aus Rauber, Morph. Jahrb. VIII, 1883, Neue Grundlegungen usw.).

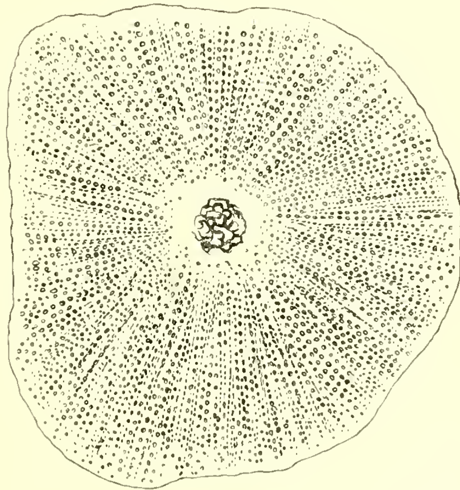


Fig. 56.

Fig. 56. **Radiäre Struktur des Protoplasma.** Furchungskugel von Gobius. Schnittpräparat 450:1 (aus Rauber, Morph. Jahrb. VIII, 1883, Neue Grundlegungen usw.).

aus denen die einzelnen Wabenwände bestehen, kehrt die Frage in derselben Weise wieder, und es handelt sich um den Nachweis, ob sie aus einer Lösung bestehen, oder ob in ihnen noch eine besondere Struktur enthalten ist. Die im Protoplasma nachgewiesenen Fäden und Körnchen müssen iedenfalls zum großen Teil in ihnen liegen.

Flemming nimmt eine Fädchensubstanz und eine Zwischensubstanz, Filar- und Interfilarsubstanz, an. Ob die Fädchen zu einem Netz verbunden sind oder sich nur überkreuzen bezw. aneinander vorbeilaufen, konnte nicht festgestellt werden.

Die vierte Theorie (Altmann) stützt sich auf den Nachweis von kleinen kugeligen Gebilden im Zelleib, welche der Autor als Granula bezeichnet. Sie sind die wahren Elementarorganismen, die „Bioblasten", und das Protoplasma ist nichts als eine Kolonie dieser Gebilde, deren einzelne Elemente in Gruppen oder

1) A. Rauber, Neue Grundlegungen zur Kenntnis der Zelle. Morpholog. Jahrbuch, Bd. VIII, 1883, S. 239 u. 240: „Durch fortgesetzte Vakuolierung des Protoplasma wird schließlich die Trabekulierung desselben erreicht".

Fäden durch eine gallertartige Ausscheidungssubstanz ihres Körpers mit einander verbunden und zugleich getrennt sind.

Nach neueren Untersuchungen sind die Granula constante Strukturelemente des Protoplasma. Sie sind in der lebenden Zelle (Ehrlich,. Arnold, Fischel) mit Methylenblau, Neutralrot, sowie zahlreichen anderen Farbstoffen darstellbar; doch muß man verschiedene Arten von Körnchen unterscheiden.

Den durch vitale Färbung darstellbaren Körnchen stehen gegenüber die bei der Fällung der Albumosen durch die Fixierungsmittel künstlich erzeugten Granula (s. Fischer). Es ist sicher, daß ein großer Teil der von Altmann beschriebenen Granula nicht in der lebenden Zelle vorhanden, sondern erst durch die zum Zwecke der mikroskopischen Untersuchung vorgenommene Fixierung der Zellen künstlich erzeugt worden ist.

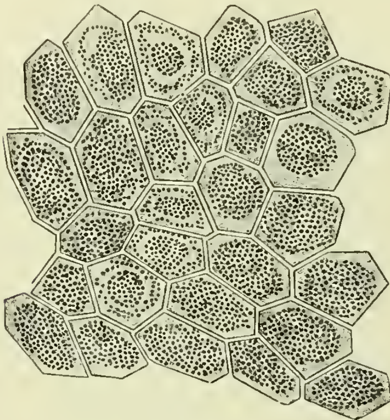


Fig. 57.

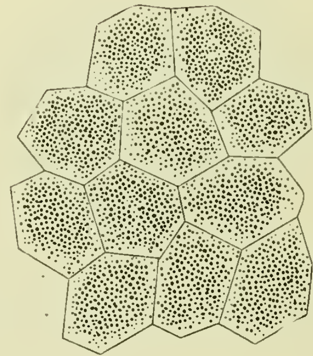


Fig. 58.

Fig. 57. **Granula** von einer mit Neutralrot gefärbten lebenden Salamanderlarve, Abschnitt einer vor und unter dem Auge gelegenen Hautstelle. ca. 400:1. (A. Fischel, 1901).

Fig. 58. **Granula** in den Epithelzellen einer mit Neutralrot und Methylenblau gefärbten Salamanderlarve. ca. 400:1. Die Mehrzahl der Granula ist rot, etwa 1/4 blau gefärbt. (A. Fischel, 1901).

Außerdem finden sich im Zelleib der verschiedenen Zellen eine Menge verschiedenartiger Einschlüsse, deren kleinste auch unter dem Namen „Mikrosomen" zusammengefasst werden, und welche man in folgender Weise einteilen kann.

I. Aposomen (Abkömmlinge des Protoplasma), z. B. Muskelfibrillen, Nervenfibrillen, Fettropfen, Sekret-, Glycogen-, Eleïdin-, Pigmentkörnchen. Kristalle, Kristalloide usw.

II. Allosomen (von außen eingedrungene oder aufgenommene Körper), Spermien, Blutkörperchen, Bakterien usw.

2. **Der Zellkern** (Nucleus).

Definition: Der Zellkern ist eine vom Protoplasma unterschiedene und in gewissem Grade abgesonderte Menge besonderer chemischer Körper (Kernsubstanzen), welche unter sehr verschiedenen Formzuständen innerhalb der Zelle vorhanden ist (O. Hertwig. Zelle).

Physikalische und chemische Beschaffenheit: Die Gestalt des Kerns ist außerordentlich verschieden. Sie ist meist kugelig (Fig. 63, 64), ei- oder

linsenförmig, doch kommen auch walzenförmige, ausgebuchtete, nierenförmige (Fig. 67), gelappte (Fig. 59), verästelte und rosenkranzartige Formen vor.

Lage: Er befindet sich zumeist in der Nähe des Zellmittelpunktes, doch kann er auch mehr oder weniger exzentrisch liegen, sowie seinen Ort verändern.

Seine Größe steht im allgemeinen in einem gewissen Verhältnis zur Größe der Zelle; sie beträgt im Mittel 4—9 μ. Beim Menschen findet man die größten Zellkerne im Ei (45 μ) und in den Spinalganglienzellen.

Zahlenverhältnis: Meist hat jede Zelle nur einen Kern. In manchen Zellen werden jedoch in höherem oder geringerem Prozentsatz zwei Kerne angetroffen, z. B. Leberzellen, Fettzellen. Bei anderen Zellarten ist ein solcher Befund seltner, so in Eiern, Ganglienzellen. Für bestimmte Zellarten ist der Besitz einer großen Zahl von Kernen, „Vielkernigkeit“, eine charakteristische Eigenschaft, so bei den Riesenzellen (Milz, Knochenmark, Geschwülste).

Seiner chemischen Zusammensetzung nach besteht der Kern aus zwei bis vier Nucleo-Proteïden. Die beiden wesentlichsten sind:

1. das Chromatin (Nucleïn),
2. das Paranucleïn (Pyrenin).

Dazu kommen noch:

3. das Linin,
4. das Amphipyrenin,
5. der Kernsaft.

Von diesen Körpern überwiegt das Chromatin an Menge bei weitem. Es ist diejenige Substanz, welche nach der (chemischen) Fällung die sogenannten Kernfarbstoffe intensiv aufnimmt (Flemming)[1]), durch Essigsäure (1—50 Proz.) gefällt wird, sich in Alkalien löst, durch Pepsin-Salzsäure nicht, durch Trypsin jedoch verdaut wird.



Fig. 59.
Gelappter Kern eines farblosen Blutkörperchens von Salamandra.

Die Bezeichnung Chromatin ist jedoch ebenso wenig wie das Wort Protoplasma der Name für einen einfachen chemischen Körper, sondern ein morphologischer Begriff. Es besteht aus Albuminen, sowie Nucleïn bezw. Nucleïnsäure in wechselnder Menge. Im Verhältnis zu dem Gehalt an letzteren beiden Stoffen ändert sich sein Verhalten gegenüber sauren Farben, sodaß Fischer[2]) den Begriff des Chromatins zurzeit folgendermaßen faßt: „Chromatin ist die nucleïnsäurehaltige färbbare Substanz des Zellkerns, die mit steigendem Gehalt an Nucleïnsäure immer schlechter sich mit sauren Farben in wässriger Lösung färbt“. Der färberische Nachweis von Chromatin bezw. Nucleïn kann mit einiger Sicherheit nur durch Methylgrün in saurer Lösung geführt werden. Alle anderen sogenannten Kernfarbstoffe färben auch andere Bestandteile der Zellen.

Das Paranucleïn ist die Substanz der Kernkörperchen. Es unterscheidet sich vom Chromatin durch verschiedenes chemisches und färberisches Verhalten. Während dieses durch Essigsäure (1—50 Proz.) deutlicher wird, quellen die Para-

1) Flemming, W., Beiträge zur Kenntnis der Zelle II. Arch. mikr. Anat., Bd. 18, 1880.
2) A. Fischer, Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas. Jena 1899.

nucleïnkörperchen auf; sie sind ferner schwer löslich in Trypsin, unlöslich in denjenigen alkalischen Lösungen, welche das Chromatin lösen. Sie färben sich besser mit alkalischen Farblösungen und nehmen einige Farbstoffe (Eosin, Säurefuchsin) stärker an.

Der Unterschied im färberischen Verhalten des Chromatins und Paranucleïns wird ausgedrückt durch die Schlagworte: das Chromatin ist basophil, das Paranucleïn aber acidophil. (Näheres über diese noch sehr unklaren und umstrittenen Verhältnisse siehe bei Fischer.)

Das Linin (Plastin) ist diejenige Substanz des Zellkerns, in welcher das Nucleïn eingelagert ist. Sie färbt sich nicht mit den gewöhnlichen Kernfarbstoffen.

Aus Amphipyrenin besteht die Kernmembran.

Der Kernsaft befindet sich in größerer oder geringerer Menge in den Maschenräumen des Kerns. Er enthält Eiweißkörper, welche beim Fixieren in Granulaform ausfallen.

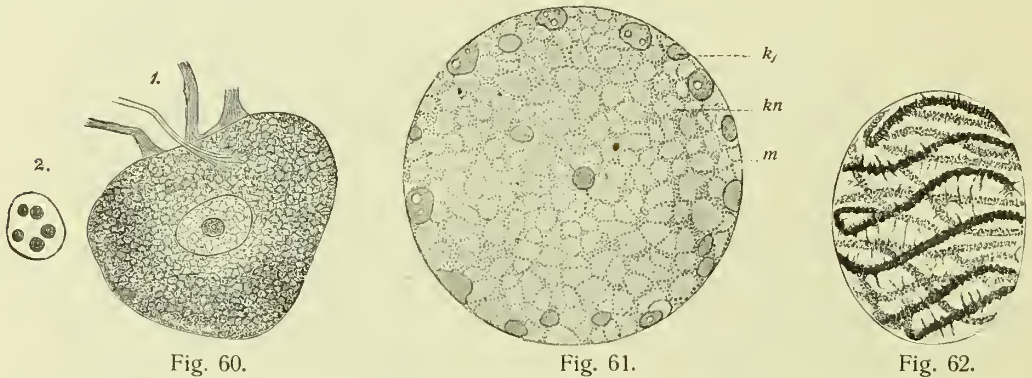


Fig. 60. Fig. 61. Fig. 62.

Fig. 60. **Kern mit Kernmembran und Kernkörperchen.** Ganglion semilunare vom Kalb. Vergr. 570. 1. Eine Ganglienzelle mit 4 blassen Fortsätzen. 2. Ein Kern einer Ganglienzelle isoliert mit 5 Nucleoli. (Von A. Kölliker).

Fig. 61. **Kern mit Kernmembran.** Keimbläschen eines noch unreifen kleinen Froscheies. Dasselbe zeigt in einem dichten Kernnetze (*kn*) sehr zahlreiche meist wandständige Keimflecke (*kf*). *m* Kernmembran. (O. Hertwig).

Fig 62. **Chromatinfaden** im ruhenden Zellkern aus dem Hoden des Salamanders. (W. Flemming).

Kernstruktur: Der Kern besteht aus Kernmembran, Kerngerüst, Kernkörperchen und Kernsaft. Sein Bau erinnert an den der Zelle insofern, als die Membran (welche auch fehlen kann) den aus den drei anderen Teilen zusammengesetzten Kerninhalt (Karyoplasma) umschließt.

Die Kernmembran ist meist sehr fein und darum schwer nachzuweisen, sie fehlt bei vielen Kernen wohl völlig, bei anderen dagegen (Nervenzellen) ist sie auch am frischen Präparat deutlich zu sehen und wie bei den Amphibieneiern durch Präparation darstellbar (Fig. 60, 61). Bei letzteren gelingt es sogar, mit Hilfe von Präpariernadeln den Kern des unreifen Eies (das Keimbläschen) zu isolieren, die Membran zu zerreißen und den Inhalt des Bläschens zum Ausfließen zu bringen. Die Membran soll mit Andeutungen von Poren versehen sein.

Das Kerngerüst, aus Linin und Nucleïn bestehend, tritt in den mannigfachsten Formen auf. Die Unterschiede betreffen nicht allein Tierart und Gewebsart, sondern es sind auch Veränderungen nach Alter bezw. Entwicklungsstufe bei derselben Zelle vorhanden, welche sich zeigen in der Dichtigkeit, Färbbarkeit, Zahl und Größe der Netzknoten u. a. m. Eine weit verbreitete Form des Kerngerüstes ist die Anordnung in wabiger bezw. netziger Art. An den Knotenpunkten

des Netzes liegen größere oder kleinere Ansammlungen von Nucleïn, welche als Netzknoten (Flemming) von den Nucleolen unterschieden werden müssen. In anderen Kernen sind Linin und Nucleïn in Form eines oder mehrerer Fäden vorhanden. Oft durchziehen mehrere Fäden in verschlungenen Windungen den Kern in der Nähe der Peripherie. Von den Fäden können mehr oder minder zahlreiche Seitenäste abgehen, welche die Fäden zu einem Gerüst mit stärkeren und feineren Spangen verbinden. Die Lagerung der Fäden kann derartig sein, daß deutlich polare Unterschiede zum Ausdrucke kommen; die Fäden bilden alsdann je eine Schleife, deren Scheitel einem Pol der Zelle, dem Polfeld, zugewendet ist, während die Schleifenenden der Gegenpolseite zustreben. Die einzelnen schleifenförmigen Fäden, deren Anzahl bestimmt ist, sind dabei durch zahlreiche Seitenreiser untereinander verbunden; letztere werden als sekundäre Fäden von den stärkeren primären Fäden unterschieden (Rabl).

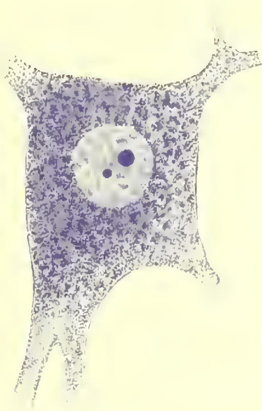


Fig. 63.

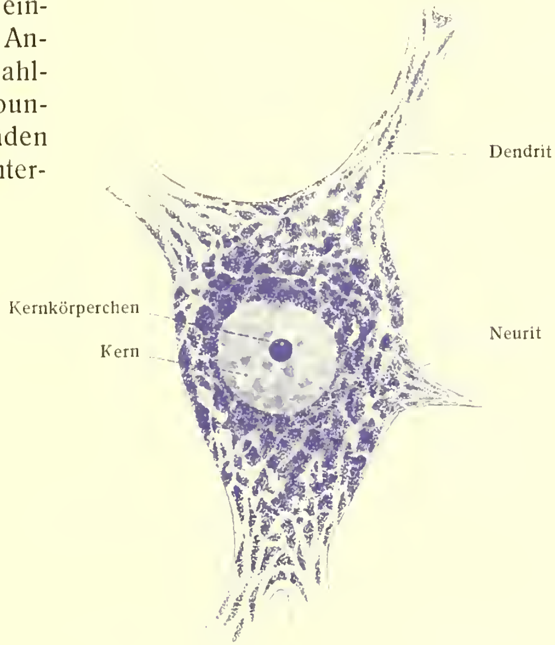


Fig. 64.

Fig. 63. Nervenzelle mit bläschenförmigem Kern und **zwei** kugeligen ungleich großen **Kernkörperchen.**

Fig. 64. Nervenzelle mit bläschenförmigem Kern und **einem** zentral gelegenen kugeligen **Kernkörperchen.**

Die Kernkörperchen (Nucleoli) sind einzeln oder zu mehreren innerhalb des Kerns vorhanden. Sie bestehen, wie schon gesagt, aus Paranucleïn und färben sich nicht mit den gewöhnlichen Kernfarbstoffen. Sie sind meist kugelrunde Körper, welche auch in der lebenden Zelle deutlich gesehen werden können. Ihre Stellung in chemischer und physiologischer Beziehung zum Chromatin des Kerngerüstes ist noch wenig geklärt. Die „Keimflecke" der unreifen Eier, welche von mancher Seite auch als Nucleolen bezeichnet werden, unterscheiden sich von den echten Nucleolen durch ihr Verhalten gegen die gewöhnlichen Kernfarbstoffe, welche sie im Gegensatz zu den Nucleolen aufnehmen. Besonders große und am frischen Präparat unschwer sichtbare Nucleoli sind in den Spinalganglienzellen vorhanden.

Ob der Kernsaft eine spezifische Flüssigkeit ist, dürfte zurzeit schwer zu entscheiden sein. Bei den mit einer porenlosen Membran umhüllten Kernen könnte es der Fall sein, weil die porenlose Membran dialysierend wirkt. Bei

membranlosen oder mit durchlöcherter Membran versehenen Kernen brauchen Kern- und Zellsaft nicht wesentlich verschieden zu sein, denn durch die Poren ist eine direkte Verbindung des Kernsaftes mit dem Zellprotoplasma möglich.

Die Frage, ob es kernlose Elementarorganismen gibt, welche in früherer Zeit bejahend beantwortet wurde, hat mit der Verfeinerung der Hilfsmittel mehr und mehr eine verneinende Beantwortung erfahren. Bei vielen niederen Pflanzen und bei Protozoen, in denen es früher nicht gelang, Kerne nachzuweisen, sind sie jetzt dargestellt worden. Selbst bei den Mikroorganismen hat man teils Kerne nachgewiesen, teils mindestens Gebilde, welche sich chemisch und färberisch gleich den Granula der Kerne verhalten, während die sie einschließende Substanz den protoplasmatischen Charakter besitzt. So zuerst Bütschli an Oscillaria, Bacterium lineola usw.

Bei Protozoen ist nach Calkins[1]) die einfachste Form der verteilte Kern, welcher aus im Zelleibe verstreuten Körnern besteht. Ein höherer Typus ist der intermediäre Kern, bei welchem die Chromatinkörner an einer Stelle zusammengehäuft sind. Eine Kernmembran kann vorhanden sein oder fehlen. Kerne vom Metazoentypus, mit deutlichem Liningerüst, in dessen Fäden das Chromatin eingelagert ist, kommen gelegentlich vor.

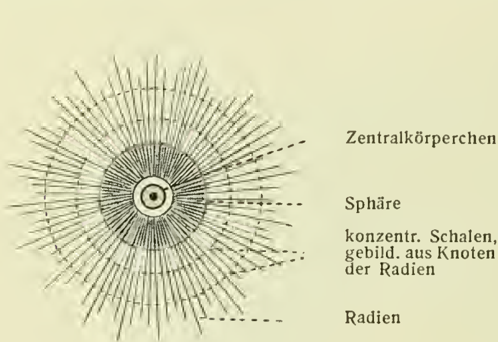


Fig. 65.

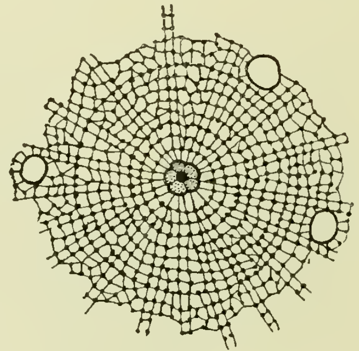


Fig. 66.

Fig. 65. **Schema für den Bau der Zentrosphäre.**

Fig. 66. **Feinere Struktur der Zentrosphäre und des Asters.** (Schema von Erlanger, 1897).

Der Nachweis von der Kernnatur eines Zellinhaltskörpers ist nach dem oben über das chemische und färberische Verhalten des Chromatins bezw. Nucleïns Gesagten nicht lediglich durch Anwendung eines chemischen Reagens zu erbringen. Selbst der Wert des Methylgrüns in saurer Lösung, welches bisher als bestes Mittel zum Nachweis von Chromatin galt, wird neuerdings von Fischer bezweifelt.

Ausgehend von der Feststellung, daß die Bezeichnung Chromatin ein morphologischer Begriff ist mit nichten aber einen chemischen Stoff bezeichnet, werden wir den Beweis von der Kernnatur eines Zellinhaltskörpers nur durch den Nachweis einer Summe von morphologischen und chemischen Eigenschaften führen können, welche den meisten Kernen eigen sind (Fr. Kopsch[2]), P. Meyer[3]).

Ich habe geglaubt, letzterer Auseinandersetzung einige Zeilen widmen zu sollen, weil die oberflächliche Kenntnis dieser Tatsachen und Erfahrungen die Literatur mit einem verwirrenden Chaos unsinniger Dinge beschwert hat.

3. Die Zentrophäre (Polosoma Rauber) und das Zentralkörperchen.

Die Entdeckung der Zentrosphäre gehört der neuesten Zeit an und rührt von Eduard van Beneden her, der sie im Jahre 1876 zuerst an Eiern der Dicyemiden, darauf 1883 bei Ascaris beschrieben hat.

---

1) Calkins, The phylogenetic significance of certain Protozoen nuclei. Ann. N.-York. Akad. XI. 1898.

2) Kopsch, Fr., Über den Thrombocytenkern. Internationale Monatsschrift für Anatomie und Physiologie XXI, 1905.

3) Lee und Meyer, Mikroskopische Technik. 2. Aufl., Berlin, 1901.

Zentrosphären[1]) sind kleine Zellorgane von meist rundlicher Gestalt, welche im Protoplasma ihre Lage haben, ursprünglich aber vielleicht vom Kern der Zelle ausgegangen sind. Sie bestehen aus einer gegen Farbstoffe besonders reagierenden Anhäufung von Plasma, Archoplasma (Boveri), in welchem ein an der Grenze der Sichtbarkeit stehendes Korn von starkem Lichtbrechungsvermögen, Zentralkörperchen (Flemming, 1891) oder Centriolum (Boveri, 1895) genannt, liegt.[2]) Statt eines einzigen werden sehr oft auch zwei Zentriolen oder deren mehrere gefunden. Die nächste Umgebung der Zentralkörper ist ein schmaler, heller Plasmahof; diesem folgt nach außen ein dunkler, körnerreicher Plasmahof von größerer Breite, der sich in den übrigen Zelleib unmittelbar fortsetzt. Der dunkle Hof führt den Namen Sphäre. Die Zentrosphäre ist der Ausgangspunkt einer starken radiären Plasmastrahlung eines Asters, wie man diese Strahlung nennt; sie setzt sich durch den dunklen Hof in den Zelleib fort. Die Zentrosphären haben die wichtige Aufgabe, die Teilung ihrer selbst, die Teilung des Zellkernes und die Teilung des Zelleibes einzuleiten: sie stellen die Teilungsorgane der Zelle dar.[3])

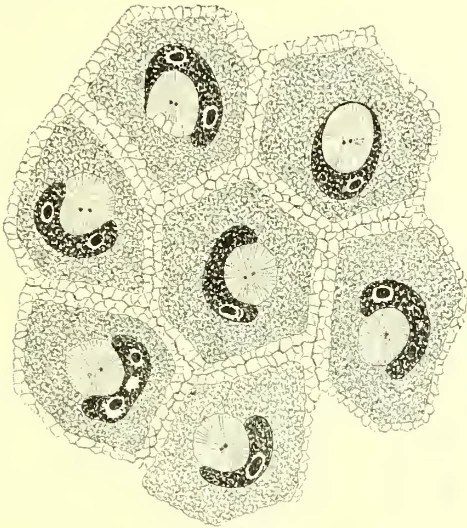


Fig. 67.

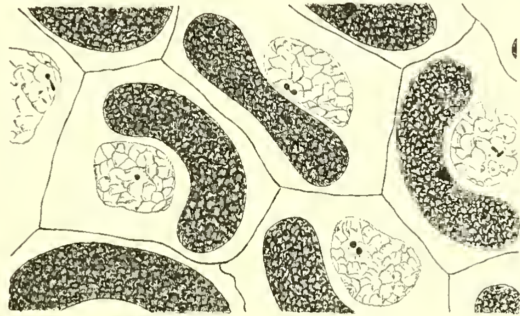


Fig. 68.

Fig. 67. **Zentrosphäre und Zentriolen** des Salpenepithels. (Von E. Ballowitz, 1898).

Fig. 68. **Zentrosphären mit 1—3 Zentriolen.** Endothelzellen der Lamina elastica posterior corneae einer 3—4 jähr. Katze. (E. Ballowitz, 1900).

---

1) An Stelle der Bezeichnung Zentrosphäre oder Zentrosoma hat Rauber den Namen Polkörperchen (Polosoma) vorgeschlagen, wobei er darauf hinweist, daß auch der Kern ein Zentrosoma der Zelle darstellt. Leider ist der Name Polkörperchen schon früher vergeben an die nach oder während der Befruchtung vom Ei sich ablösenden Segmente, so daß dieser an sich recht schöne Name nicht mehr für ein anderes Gebilde verwendet werden kann.

2) Viel Verwirrung hat auf diesem Gebiet der verschiedene Gebrauch der Bezeichnungen Zentralkörper, Attraktionssphäre, Zentriol, Zentralkorn angerichtet. Die hier befolgte Bezeichnungsweise von Zentralkörperchen und Zentriol entspricht den Namen von Mewes (vgl Artikel Zellteilung in Merkel und Bonnet's Ergebnissen. VIII, 1899, ferner Mewes, Über die Frage, ob die Zentrosomen Boveri's als allgemeine und dauernde Zellorgane aufzufassen sind, Verhandl. anat. Ges., 1902) welche auch Heidenhain (Plasma und Zelle, Jena, 1907) anwendet. — E. Ballowitz, Über Sichtbarkeit und Aussehen der ungefärbten Zentrosomen in ruhenden Gewebszellen. Zeitschr. wiss. Mikroskopie, 1897. — Kostanecki und Siedlecki, Über das Verhältnis der Zentrosomen zum Protoplasma. Arch. mikr. Anat., 1896.

3) Deswegen hat man das Zentralkörperchen auch als Kinozentrum bezeichnet, im Gegensatz zum Kern, dem Chemozentrum. Dagegen ist zu sagen, daß auch ohne Vorhanden-

Das Zentralkörperchen tritt nicht erst bei der Teilung auf, sondern ist auch im Ruhezustand der Zellen vorhanden. Wir haben es deshalb oben neben Zelleib und Zellkern als wesentlichen Bestandteil der Zelle aufgeführt. Als Beispiele seien angeführt Leukocyten (Fig. 59, 69), Epithelzellen (Fig. 67), Bindegewebszellen (Fig. 68). Es liegt häufig in einer Einbuchtung des Kerns.

Sogar in Nervenzellen sind Zentralkörperchen gefunden worden (vgl. weiter unten bei Nervenzellen), obwohl es wenigstens bei den höheren Tieren zweifelhaft ist, daß die Nervenzellen im postfetalen Leben selbst unter dem Einfluß eines äußeren Reizes sich noch teilen können.

Zahl und Form der Zentriolen wechseln. Je nach der Tier- oder Gewebsart (vielleicht sind auch zeitliche Unterschiede vorhanden) findet man ein, zwei (Diplosomen) oder drei Zentriolen von meist kugelrunder Gestalt. „Zentralstäbchen" d. h. langgestreckte stabförmige Zentriolen sind zuerst von Zimmermann in den gelben Pigmentzellen eines Knochenfisches, später von anderen Autoren in den männlichen Geschlechtszellen verschiedener Tiere gefunden worden.

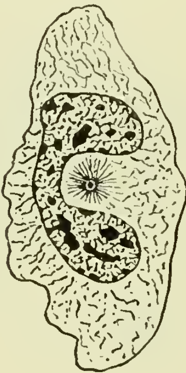


Fig. 69.

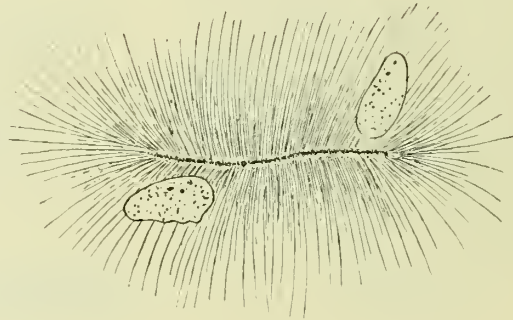


Fig. 70.

Fig. 69. Leukocyt aus dem Peritonaeum einer Salamanderlarve. **Das Zentralkörperchen** in der strahligen Sphäre ist von einem hellen Hof umgeben. (W. Flemming).

Fig. 70. **„Zentralstab"**, d. i. stabförmiges Zentralkörperchen und Kerne einer gelben Pigmentmasse von Sargus. (K. W. Zimmermann).

Ob der Zentrosphäre oder dem Zentriol die größere morphologische und physiologische Bedeutung zukommt, wird noch umstritten. Mewes und andere legen das Hauptgewicht auf das Vorhandensein des Zentralkörpers, weil bei den Teilungen der Gewebszellen wohl Zentralkörper, meist aber keine Sphären vorhanden sind.

M. Heidenhain, Plasma und Zelle. Jena 1907. — Henneguy, La Cellule. — O. Hertwig, Die Zelle. Jena. G. Fischer. — H. V. Wilson, The Cell.

B) Die Lebenseigenschaften der Zelle.

Die Zelle ist, sagt R. Virchow in seiner Zellular-Pathologie, die „wahrhaft organische Einheit", von ihr geht „alle Tätigkeit des Lebens" aus. Wir werden deshalb erwarten müssen, alle Lebenserscheinungen, welche wir am Tierkörper kennen, bei ihrem einzelnen Teil, der Zelle, wiederzufinden.

---

sein von Zentralkörperchen Protoplasmabewegungen stattfinden können, wie abgeschnittene Pseudopodien beweisen, deren Bewegung noch längere Zeit andauert.

Man unterscheidet vegetative und animalische Zellfunktionen. Letztere sind nervöse und motorische; erstere beziehen sich auf den Stoffwechsel und das Wachstum, auf die Zellbildung und Zellvermehrung, auf die Differenzierung sowie auf die Lebensdauer der Zellen.

1. Nervöse Funktionen.

Das lebende Protoplasma ist in hohem Grade sensibel und reagiert lebhaft auf chemische und physikalische Reize. Besonders empfindlich ist das Protoplasma gegenüber der Temperatur. Ein gewisser Grad von Wärme gehört zum Ablauf aller Lebenserscheinungen; doch ist ein Optimum, Maximum und Minimum zu unterscheiden. Kälte hebt nicht notwendig die Lebenstätigkeit des Protoplasmas auf, wenn sie auch alle Lebenserscheinungen zu unterdrücken vermag.

Wärme beschleunigt auch im tierischen Organismus die chemische Arbeit, und zwar um das Zweiundeinhalbfache für je 10°, siehe Peter: Der Grad der Beschleunigung tierischer Entwicklung durch erhöhte Temperatur. Arch. Entwickelmech. XX, 1905.

Gewisse chemische Substanzen, welche in bestimmter Richtung die Zelle treffen, wirken je nach ihrer Konzentration entweder abstoßend oder anziehend auf Zellen ein: Erscheinungen, welche als negativer und positiver Chemotropismus bezeichnet werden. In dieselbe Reihe gehören auch die vom Lichte ausgeübten Wirkungen: Heliotropismus. Ferner vermögen Zellen auf Zellen anziehend oder abstoßend zu wirken. An aufeinander wirkenden Furchungskugeln (Furchungssegmenten des Eies) hat die Erscheinung der Wirkung von Zellen auf Zellen, Segmentalattraktion und Segmentalrepulsion von Rauber genannt[1]), durch Roux den Namen Cytotropismus erhalten und zu interessanten experimentellen Studien Veranlassung gegeben.

Man hat in den letzten Jahren mit vollem Recht damit begonnen, psychische Studien an Protisten[2]) zu machen. Denn an Protisten sind die nervösen Funktionen der Erwartung nach noch am einfachsten gestaltet und haften zugleich am ganzen Wesen, das nur aus einer einzigen Zelle besteht. So wird sich nach und nach eine vergleichende Psychologie herausbilden. Bei höheren Organismen sind die nervösen Funktionen an besondere Organe und Systeme gebunden, mit bedeutenden Unterschieden in den einzelnen Organen. Aber auch bei den höheren Organismen darf man nicht aus den Augen lassen, daß dieselben aus einer Zelle oder aus der Verschmelzung zweier Zellen hervorgegangen sind und daß längere Zeit hindurch, auch nach dem Hervortreten der Medullaranlage, nervöse Funktionen nicht zutage treten, bis allmählich solche in einer gewissen Stufenfolge sich einstellen. Die bisher an Tieren und Embryonen gemachten Beobachtungen sind sehr zerstreut und würden eine Sammlung und Sichtung wohl verdienen. Es kann auf sie hier nicht weiter eingegangen werden.

2. Motorische Funktionen.

Alles Protoplasma ist kontraktil, doch in verschiedenem Maße, je nach der Zellart.

---

1) A. Rauber, Neue Grundlegungen zu Kenntnis der Zelle. Morphol. Jahrb., Bd. VIII, 1883.

2) Bethe (Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Leipzig 1903) tritt auf gegen die Bezeichnung „nervöse Erscheinung" für Auslösungserscheinungen bei einzelligen Wesen Er schlägt dafür den Ausdruck „Antitypie" vor.

Die bekannten Bewegungsformen teilt man ein in

a) Protoplasmabewegung,

b) Geißel- und Flimmerbewegung.

a) Innerhalb der ersten Gruppe kann man wieder unterscheiden diejenigen Erscheinungen, welche mit einer Formänderung des Zelleibes einhergehen, von den Bewegungen des Zellinhaltes, welche die Gestalt der Zelle nicht verändern. Die „Protoplasmaströmung“ kommt hauptsächlich vor bei den starrwandigen Pflanzenzellen und tritt als ein Strömen des gesamten wandständigen Protoplasmas längs der Zellwand (Rotation) oder als eine Bewegung in verschiedener Richtung längs der die Zelle durchsetzenden Protoplasmastränge auf (Zirkulation).

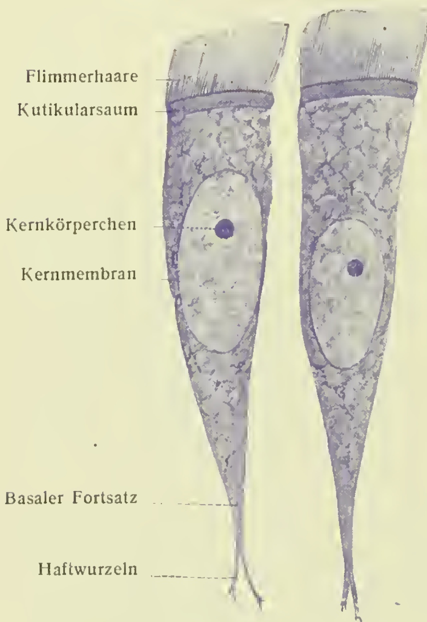


Fig. 71.
Isolierte Flimmerzellen vom Gaumendach des Frosches.

Die interessanteste und für die Erklärung physiologischer und pathologischer Vorgänge wichtigste Bewegungsform ist die „amoeboide Bewegung“, welche darin besteht, daß an der Zelloberfläche kleine Fortsätze von Protoplasma, Pseudopodien oder Scheinfüßchen austreten. Dieselben vergrößern sich oder können wieder eingezogen werden, worauf an einer anderen Stelle der Oberfläche das Spiel von neuem beginnt. Die Bildung der Pseudopodien erfolgt derart, daß zuerst etwas körnerfreies Protoplasma ausgestreckt wird. Nach einiger Zeit folgt mit einem gewissen Ruck eine größere oder geringere Menge des Körnerplasmas nach. Wenn die Pseudopodien nicht wieder eingezogen werden, sondern der größere Teil der Zelle sich an den Ort des ausgestreckten Fortsatzes begibt, so geht aus der Formänderung eine Ortsveränderung hervor, wie am schönsten an den einzelligen Amoeben zu beobachten ist, nach denen diese ganze Bewegungsform ihren Namen erhalten hat. Von den Zellen der höheren Tiere zeigen am besten diese Bewegung die farblosen Blutkörperchen. (Siehe unter Blut.)

b) Die Geißel- oder Flimmerbewegung wird durch besondere äußere Organe der Zellen ausgeführt. Diese Fortsätze sind bei verschiedenen Zellenbezw. Tierarten einzeln oder zu zwei, zu mehreren bis zahlreichen vorhanden. Sie bestehen aus einer hellen Substanz und besitzen eine gewisse Festigkeit, sie schlagen nach einer bestimmten Richtung und bewegen dadurch den Zellkörper selbst vorwärts, wie es bei den Samenfäden, den Spermien, sowie zahlreichen niederen Tieren der Fall ist oder sie bewirken bei festsitzenden Zellen Massenbewegungen von Substanzen, welche in ihren Bereich gelangen. Ein sehr lehrreiches Beispiel für letzteres ist die Bewegung des Schleims und der darin eingeschlossenen Fremdkörper innerhalb der Luftröhre und ihrer Verästelungen in der Richtung zum Kehlkopf. Hieraus erkennt man die hohe Bedeutung dieser Bewegungsform für den tierischen Organismus.

Über die Ursache und die Mechanik dieser Protoplasmabewegungen ist zurzeit nichts Sicheres bekannt. Hinsichtlich der mechanischen Verhältnisse spielen

wohl eine große Rolle besondere fadenförmige Elemente, welche die Bewegung vermitteln. Endlich kann die Hauptmasse des Protoplasmas der Zellen besondere Differenzierungen eingegangen sein, in welchen die allgemeine Eigenschaft der Bewegungsfähigkeit in außerordentlich gesteigertem Maße sich geltend macht, wie bei den verschiedenen Arten der Muskelzellen; denn Protoplasmaströmung, amöboide Bewegung, Flimmer- und Geißelbewegung und Muskelkontraktion sind eine Gruppe zusammengehöriger Vorgänge. Auf einen interessanten Fall von Kontraktilität machte Wiedersheim aufmerksam, der am lebenden Tiere Nervenzellen sich bewegen sah. Die Eigenschaft der Kontraktilität des Protoplasmas in allen genannten Richtungen weist überall auf besondere Strukturverhältnisse hin, worauf vor allem von Engelmann die Aufmerksamkeit gerichtet worden ist. Wäre das Protoplasma einfach eine flüssige Substanz, so würden die Eigentümlichkeiten seiner Kontraktilität nicht verständlich sein.

3. Die Funktionen des Stoffwechsels und Wachstums.

a) Stoffwechsel.

Man kann mit Pflüger[1]) sagen: Das Leben ist ewiges Werden und ewiges Vergehen in einer ganz eigentümlich zusammengesetzten Materie.

Der Stoffwechsel besteht in Stoffaufnahme, Stoffumwandlung und Stoffabgabe gasförmiger, flüssiger, fester Körper. Nur einzelne Zellenarten sind indessen eingehender auf diese Verhältnisse untersucht, so die Eizellen. Wie leicht begreiflich, werden auch in dieser Richtung fortgesetzte Studien an Protisten und Embryonen[2]) sich wichtig erweisen. Die durch den eingeführten Sauerstoff vor sich gehenden Zersetzungen machen die Einführung geeigneter Materialien zum Wiederersatz erforderlich; aber auch die Vorgänge des Wachstums allein stellen diesen Anspruch. Die drei Hauptbedingungen für das Zustandekommen eines normalen Stoffwechsels sind: Integrität der Zelle, geeignetes Ernährungsmaterial und ein Optimum von Wärme. „Daß so wenig Wärme ausreicht, das Pulver des Lebens zu entzünden“, bemerkt Pflüger, „liegt darin, daß die Stoffe der Zellen, welche hier in Betracht kommen, in labilem chemischen Gleichgewichte sind, wie ein auf der Spitze balanziertes Messer. Die kleinste Erschütterung hebt dieses Gleichgewicht auf, ähnlich, wie es bei vielen explosiven Substanzen der Fall ist. Wenn man mit der Spitze einer Nadel über einen entblößten Muskel streift, zuckt derselbe, bildet sofort Kohlensäure, saugt begierig Sauerstoff auf, erzeugt Wärme und Elektrizität.“

Die der tierischen Zelle in der Nahrung sich darbietenden Stoffe müssen in ihrer chemischen Zusammensetzung nahe übereinstimmen mit den Stoffen, aus welchen die Zelle besteht. Anders ist es, wie schon früher erwähnt wurde, bei den pflanzlichen Zellen, soweit sie synthetische Arbeit zu verrichten haben. Dem Paraplasma kommt, wie es scheint, bei der Ernährung der Zellen die unmittelbare Aufgabe zu, als eine Lösung von Eiweiß und anderen Nährstoffen die organisierten Fasern der Zelle und des Zellkerns, beide als die eigentlichen Träger des Lebens, zu umspülen, ihnen das Erforderliche darzubieten, Verbrauchtes aufzunehmen und osmotisch weiterzuschaffen.

---

1) E. F. W. Pflüger, Die allgemeinen Lebenserscheinungen. Bonn 1889.

2) Godlewski, Über die Einwirkung des Sauerstoffes etc. in den ersten Entwicklungsstadien von Rana temp. Bulletin Acad. Sciences Cracovie 1900.

In welcher Weise die einzelnen Zellen dem Lymph- und Blutstrom ausgesetzt sind, um die Aufgaben des Stoffwechsels zu ermöglichen, davon kann erst an späterer Stelle die Rede sein.

Die Stoff-Umwandlungen, welche in den Zellen vor sich gehen, sind mannigfaltiger Art und fallen für die Untersuchung zum Teil der physiologischen Chemie anheim. Ein anderer Teil dieser Umwandlungen wird uns alsbald bei Betrachtung der Differenzierung der Zellen als Bildung im Innern, an der Oberfläche und außerhalb der Zellen entgegentreten. Von einer großen Gruppe von Umwandlungen ist an dieser Stelle hervorzuheben, daß ihre Erzeugnisse die Zellen verlassen und in verschiedener Weise Verwendung finden, oder aber aus dem Körper entfernt werden. Letzteres ist der Fall mit dem Heer der eigentlichen Zersetzungsprodukte, wie Harnstoff, Harnsäure, Kohlensäure usw.; aber auch mit solchen Umwandlungsprodukten, welche noch bestimmten Aufgaben dienen, wie bei der Milch. Besondere Verwendung für den eigenen Körper finden Drüsensekrete, wie die Galle, welche in den Zellen der Leber bereitet wird, wie der Magensaft, den die Drüsenzellen des Magens bereiten, wie das Sekret der Speicheldrüsen, wie der Hauttalg, der von den Talgdrüsen der Haut gebildet wird.

Um den Chemismus im lebenden Protoplasma ist es eine sehr schwierige Angelegenheit. Die Hauptunterscheidungsmerkmale zwischen der Chemie des Anorganismus und der Chemie des Organismus klarzulegen, unternahm im Jahre 1894 G. Wendt[1]), welcher unter Chemie des Organismus gerade die auf den zerklüfteten Bau des Protoplasmas sich gründenden spezifischen, individuellen Kapillarreaktionen im Protoplasma versteht. Als Erfordernisse jeder gewöhnlichen chemischen Reaktion zählt er auf: die Berührung zweier verschiedenartiger Stoffe; Lösungs- bezw. Leitungsmittel; elektrisches Strömen; Volumänderung; Änderung der Wärmeenergie; chemische Massenwirkung. Eines dieser unbedingten Erfordernisse, nämlich die chemische Massenwirkung, ist bei den spezifischen Reaktionen im Protoplasma nicht vorhanden. Demgemäß kommt bei diesen Organismus-Reaktionen kein chemisches Gleichgewicht zustande; eine Ausgleichung der Atomenenergie, ein Maximum der Entropie ist nicht möglich. Die spezifische Protoplasmareaktion in der Protoplasmakapillare gegenüber der Massenreaktion in der Retorte des Chemikers kommt einem Einzelturnier der Atome bezw. Radikale in einem Engpasse gegenüber einer Heerschlacht auf weiter Wahlstatt gleich. Der Sieger im Einzelkampfe nimmt die besiegten Atome in seinen Heerbann auf und und so wird die unendliche Mannigfaltigkeit der Verbindungen erzielt. Was als Hauptunterschied zwischen der chemischen Arbeit von ausgeprägtem Phytoplasma im Vergleiche mit der chemischen Arbeit von Zooplasma erkannt ist, entspricht den beiden verschiedenen Arten von chemischem Umsatze infolge von speziellen Kapillaritätskräften. „Das Phytoplasma kondensiert, das Zooplasma spaltet. Aber dies geschieht natürlich nur in der Hauptsache, nicht ausschließlich.

In anderer Weise sucht Hofmeister[2]) diese Frage zu lösen. Er geht nicht aus von den bekannten morphologischen Eigenschaften des Protoplasmas, sondern fragt umgekehrt: wie muß es beschaffen sein, um seine chemischen Leistungen vollbringen zu können. Die sehr einleuchtende klare Betrachtung wird an einem konkreten Beispiel, der Leberzelle durchgeführt. In dieser spielen sich nach unserer zeitigen Kenntnis einige zehn, vermutlich aber viel mehr chemische Vorgänge nebeneinander ab in einem Raum, dessen Größe sich etwa auf den 100000. Teil eines Stecknadelkopfes schätzen läßt. Die Leberzelle bildet Glykogen aus Zucker, und Zucker aus Glykogen, bildet Harnstoff und Harnsäure aus Amidosäuren und Ammoniak, zerlegt Blutfarbstoff und wandelt ihn nach Abspaltung des Eisens in Bilirubin, sie erzeugt Cholsäure und paart sie mit Glykokoll und Taurin, sie verbindet Phenole mit einem Schwefelsäurerest zu Esterschwefelsäuren, dazu kommen noch diejenigen Vorgänge, welche bei ihrer eigenen Ernährung in Wirkung treten. — Wie können so verschiedene Prozesse nebeneinander auf so kleinem Raum ablaufen? Im Prinzip gehen sie so vor sich wie die Reaktionen, welche täglich im chemischen Laboratorium ausgeführt werden, insofern als die aufeinander reagierenden

1) Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd. 28. Jena, 1894.

2) Franz Hofmeister, Die chemische Organisation der Zelle. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn.

Substanzen in gelöster Form zusammentreffen. Doch wird die Reaktion meist erst durch katalytisch wirkende, in geringem Grade der Abnutzung unterliegende Fermente ausgelöst. Diese Katalysatoren haben kolloidale Beschaffenheit, damit sie aus der Zelle nicht herausgeschwemmt werden können. Durch die Erkenntnis, daß die Fermente das wesentliche chemische Werkzeug der Zelle darstellen, wird es verständlich, daß zehn und mehr verschiedene fermentative Prozesse in derselben Zelle neben- bezw. hintereinander vor sich gehen können, um so mehr als nachgewiesen ist, daß 1. ein Ferment nicht nur auf einen einzelnen chemischen Körper, sondern auf eine ganze Reihe ähnlich gebauter Körper einwirkt, und daß 2. dasselbe Ferment unter wechselnden Bedingungen andere Umsetzungen hervorruft. Damit nun die einzelnen Reaktionen ungestört voneinander ablaufen können, muß eine räumliche Trennung vorhanden sein, was bei der kolloidalen Natur der Fermente und der kolloidalen Natur des Protoplasmas infolge der mangelnden Diffusion der Fermente sehr leicht denkbar ist. Das Zellprotoplasma ist also nicht durchaus gleichartig, sondern enthält zahlreiche durch kolloidale Zwischenwände getrennte Räume, deren Wandungen gegen die in ihnen stattfindenden Reaktionen relativ widerstandsfähig sein müssen. Dieses Resultat steht in Übereinstimmung mit der Theorie von dem wabigen Bau des Protoplasmas.

b) Wachstum.

Mit dem Stoffwechsel der Zellen hängt auch die Erscheinung ihres Wachstums zusammen. Nicht immer ist mit dem Stoffwechsel der Zellen auch eine Vergrößerung verbunden; Aufnahme und Abgabe können im Gleichgewicht bleiben; ein Überschuß der Aufnahme führt zur Vergrößerung oder Verdichtung, ein Überschuß der Abgabe zur Verkleinerung oder Verdünnung. Das Wachstum ist ein intussusceptionelles, inneres.

Das auffallendste Beispiel von Zellenwachstum nehmen wir an den Eiern wahr, welche von ursprünglich kleinen Gebilden zu riesiger Ausdehnung heranwachsen können.

Das Wachstum ist entweder ein allseitiges und gleichförmiges oder nicht gleichförmiges, oder ein nicht allseitiges, lokales. Wenn aus einer embryonalen Nervenzelle nach einer oder mehreren Seiten Fortsätze auswachsen, die sich wieder teilen und eine mehr oder minder große Länge erreichen können, so haben wir ein Beispiel von lokalem Wachstum vor Augen, wie zuvor am Ei vom allseitigen.

Das Wachstum ist aber nicht nur räumlich bestimmt, sondern auch zeitlich. Die zeitliche Wachstumskurve kann sehr verschiedenartig sein. Zeiten größerer Tätigkeit können mit solchen relativer oder wirklicher Ruhe abwechseln.

Übertragen wir die Wachstumserscheinungen auf das befruchtete Ei, so wird am deutlichsten erkennbar, daß die Wachstumsregeln des Körpers streng normiert sein müssen, wenn aus dem Ei ein Embryo und dessen spätere Stufen hervorgehen sollen; hieraus folgt aber dasselbe Erfordernis für alle aus dem Ei stammenden Zellen des Individuums.

Aus dem Wachstum ergeben sich die wichtigen Erscheinungen des gegenseitigen Zellendruckes und der Spannung, mit ihren verschiedenen Folgen, wie Veränderung der Zellenform, Zellverschiebung, Faltung von Zellplatten usw., Erscheinungen, die besonders für den werdenden Körper von höchster Bedeutung sind[1]).

4. Die Bildung und Vermehrung der Zellen.

Die frühere Annahme von Schwann, daß die tierischen Zellen entgegen der ersten Angabe von Schleiden für die Pflanzenzellen, in einer gewebebildenden Flüssigkeit, Cytoblastema,

1) W. His, Unsere Körperform und das physiologische Problem ihrer Entstehung. Leipzig 1875. — A. Rauber, Formbildung und Formstörung in der Entwicklung von Wirbeltieren. Morph. Jahrbuch. V, VI, 1879, 1880. — Fr. Kopsch, Unters. über Gastrulation u. Embryobildung bei den Chordaten. Leipzig 1904. — K. Peter, Der Einfluß der Entwicklungsbedingungen usw. Anat. Anz. XIX. 1901.

frei entstehen sollten, hat sich als irrtümlich erwiesen. Die Ergebnisse aller hierauf bezüglichen Untersuchungen hat Virchow in den Satz zusammengefaßt: Omnis cellula a cellula. Hierher gehört gleich der zugehörige Satz von Flemming: Omnis nucleus e nucleo. Rauber schließt sich Altmann und Pfüger an, welche behaupten: Omne granulum e granulo. Vielleicht gilt zukünftig auch der Satz: Omne centriolum a centriolo. Und hieraus ergibt sich schließlich: Omne vivum e vivo. So liegen die Dinge heute.

Wie das Leben selbst, oder sagen wir, wie das Protoplasma entstanden ist, darüber haben wir keine Erfahrungen. Das einmal Vorhandene wird jetzt nur weiter fortgepflanzt, wächst und stirbt teilweise. Wie das Protoplasma oder aus welchen Vorstufen es sich aus unorganischer Materie entwickelt haben könnte, dies zu sehen, fehlen alle Anhaltspunkte. Eher würde sich dies verstehen lassen, wenn es sich wahrscheinlich machen ließe, daß aus einer gemeinsamen Stoffgrundlage sich in einem bestimmen Stadium der Verdichtung des Urnebels der unorganische Teil der Natur von einem dem Protoplasma ähnlich beschaffenen organischen getrennt habe. Aber auch hierbei stößt man auf vielleicht unüberwindliche Schwierigkeiten.

Nennen wir diese Hypothese über die Herkunft des Lebens auf der Erde die Hypothese der Dissociation, so ist über andere Hypothesen auf dem gleichen Gebiet folgendes zu bemerken. Man unterscheidet eine Hypothese der Urzeugung; eine Kosmozoenlehre (Richter); eine Kontinuitätslehre (W. Preyer); eine Hypothese der Abstammung des Anorganischen aus dem Organischen (G. Th. Fechner); und Pflügers Theorie von der Bedeutung des Cyanmoleküls.

In welcher Weise die einmal vorhandenen Zellen sich vermehren, ist durch die Untersuchungen der letzten Jahrzehnte klar geworden.

Die Vermehrung geschieht durch Teilung.

Die Teilung betrifft die drei wesentlichen Bestandteile der Zelle: Zelleib, Zellkern, Zentrosphäre. Sehr merkwürdig sind dabei die Erscheinungen an der Zentrosphäre und am Kern. Sie bestehen in der Teilung des Zentralkörperchens, der Zentrosphäre und der Entstehung und Teilung von fadenartigen Bildungen aus der Kernsubstanz.

Im Anfang der Beschäftigung mit dieser interessanten Umwandlung waren den Forschern nur die Erscheinungen am Kern bekannt. Dadurch erklärt es sich, daß man diese Art der Zellteilung nach den Erscheinungen am Kern als Mitose[1]) (Flemming) oder gar Karyokinese[1]) (Schleicher) bezeichnet hat; sie wird heute indirekte Zellteilung (mitotische) genannt, im Gegensatz zu der direkten (amitotische), bei welcher die verwickelten Erscheinungen am Kern nicht vorhanden sind, sondern Zelleib und Zellkern sich einfach durchschnüren.

Betrachten wir zuerst die morphologischen Einzelheiten dieser beiden Arten von Zellteilung.

A) Indirekte Zellteilung (Teilung durch Mitose).

Diese Form überwiegt bei weitem und ist die wichtigere, während die direkte nur nebensächliche Bedeutung hat.

Wir teilen der Übersichtlichkeit halber den Vorgang in vier aufeinanderfolgende Stadien, welche nicht scharf gesondert sind, sondern unmerklich ineinander übergehen: 1. Prophase — Vorbereitung der Zentrosphäre und des Kern = Stadium des unruhigen Kerns, Fadenbildung, Spirem. 2. Metaphase — Teilung der Kernsubstanz = Stadium des Monasters. 3. Anaphase — Verteilung der Kernsubstanz, Beginn der Protoplasmateilung = Stadium des Dyasters. 4. Telophase — Beendigung der Protoplasmateilung, Rückkehr des Kerns zur Ruhe.

1. Prophase. — Wir gehen aus vom ruhenden Kern. Er besteht aus Kernmembran, Kerngerüst, Kernkörperchen. An derjenigen Seite des Kerns, welche

1) μίτος = Faden; κάρυον = Kern; κίνησις = Bewegung.

durch eine kleine Vertiefung gekennzeichnet ist (Polseite), liegt im Protoplasma die Zentrosphäre mit einem oder schon zwei Zentriolen versehen.

Die Zentriolenteilung erfolgt in der Weise, daß aus dem kugelförmigen einfachen Zentralkörperchen sich ein kurzer Stab bildet, welcher durch eine mittlere Einschnürung Hantelform erhält, und schließlich in zwei Kügelchen zerfällt. Hierbei gestaltet sich die kugelförmige Sphäre zu einem Ellipsoid, welches zunächst die beiden Zentriolen enthält, später aber sich ebenfalls teilt in zwei Sphären, je eine um jedes der beiden Zentriolen.

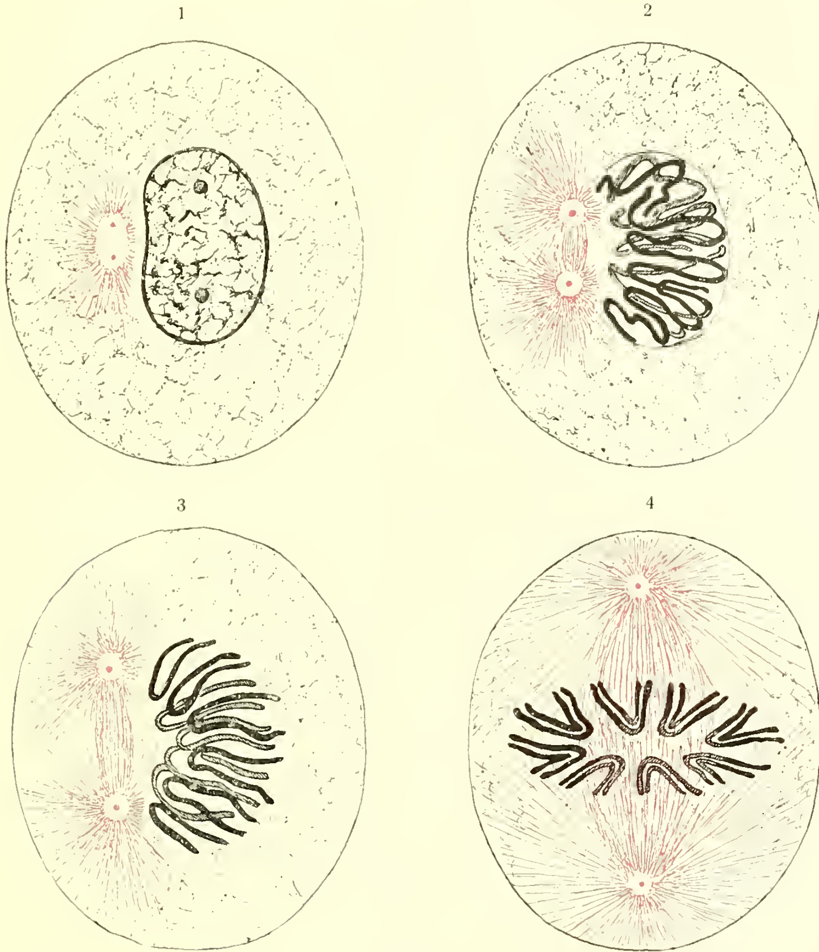


Fig. 72a.

Schema zur Erläuterung der indirekten Zellteilung. Zentriolen und Strahlung, sowie Spindel- und Mantelfasern rot. Der helle Hof um das Zentriolum ist die Zentrosphäre. Chromosomen schwarz. Prophase 1, 2, 3. Metaphase 4.

Die färbbare Substanz bildet sich zunächst um zu einem, zwei oder mehreren Fäden, welche innerhalb der Kernmembran aufgeknäult liegen (Spirem) Der Knäuel ist zuerst dichter und wird allmählich lockerer. Dabei zerfallen die Fäden in eine bestimmte Zahl von Stücken, Chromosomen (Waldeyer) genannt.

Zahl und Gestalt der Chromosomen sind bei den einzelnen Tierarten sowie Zellarten verschieden. Man kennt kugel-, ei-, ring-, stabförmige, gerade und gekrümmte. Die bei höheren Tieren gewöhnliche Form ist die Schleife (ähnlich einer Haarnadel). Deswegen werden die Chromosomen auch als Kernschleifen bezeichnet. Ihre Zahl ist für die einzelne Tierart fest und charakteristisch. Der

Mensch hat 16, Maus, Salamander, Forelle 24, Selachier 36, Ascaris megalocephala univalens 2, A. megalocephala bivalens 4.

Während der Schleifenbildung ist auch die Kernmembran geschwunden, der Kernsaft hat sich mit dem Zellsaft gemischt, doch bleibt die Abgrenzung des Kernraums gegen das Protoplasma erhalten. Zugleich rücken die beiden Zentrosphären weiter auseinander und befinden sich gegen Ende der Prophase an entgegen-

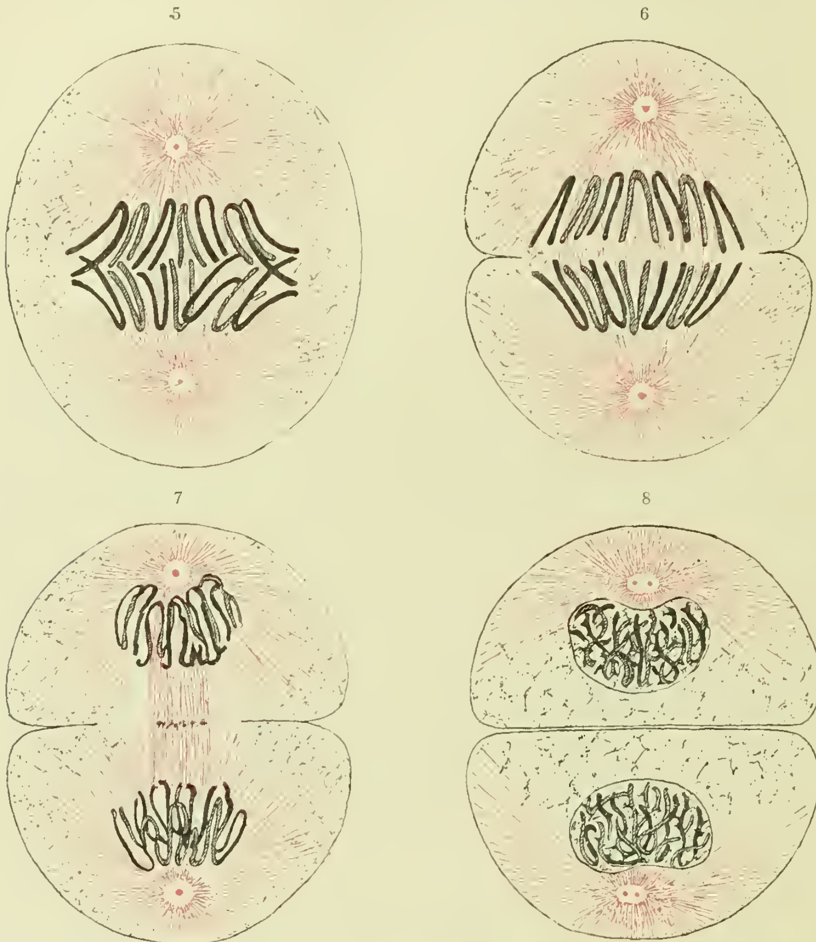


Fig. 72b.

Schema zur Erläuterung der indirekten Zellteilung. Zentriolen und Strahlung, sowie Spindel- und Mantelfasern rot. Der helle Hof um das Zentriolum ist die Zentrosphäre. Chromosomen schwarz. Anaphase 5, 6. Telophase 7, 8.

gesetzten Punkten der Kernperipherie. Zwischen ihnen ist ein spindel- oder tonnenförmiges, aus leicht gebogenen, schwer färbbaren Fäden zusammengesetztes Gebilde entstanden, die achromatische „Zentral-Spindel", während die nach allen Seiten ausstrahlenden Radien um jede Zentrosphäre die „Polstrahlung" oder den „Aster" bilden (Fig. 73). Der größte Teil der Radien verliert sich innerhalb der peripherischen Zellzone im Netzwerk der Protoplasmastruktur oder setzt wohl auch direkt an der etwa vorhandenen Zellmembran an. Ein anderer heftet sich an die Chromosomen an. Sie heißen „Zugfasern", weil sie die Verteilung der Chromosomen bewirken oder „Mantelfasern", weil sie um die Zentralspindel herum liegen. Die Fasern der

letzteren sind wegen der ihnen beigelegten Funktion als Stemmfasern bezeichnet worden. (L. Drüner: Studien über den Mechanismus der Zellteilung. Jen. Zeitschr, Bd. 29.)

Die Art der Bildung der Zentralspindel ist verschieden, ihre Herkunft ist noch nicht ganz sicher bekannt, vielleicht spielt das Linin des Kerns dabei eine Rolle. In einer Anzahl von Fällen verschwindet die zwischen den Zentriolen entstandene primäre Spindel, die Zentrosphären rücken an entgegengesetzte Pole des Zellkerns und die Spindel entsteht von neuem durch Auswachsen von Radien, welche sogar die etwa noch vorhandene Zellmembran vor sich herschieben und einbuchten können. In anderen Fällen verläuft die Bildung, wie sie weiter oben geschildert wurde, tangential am Kern (Fig. 73) und die Spindel rückt nach Schwund der Kernmembran in den Kernraum hinein. In ganz seltenen Fällen entsteht sie innerhalb des Kerns.



Fig. 73.

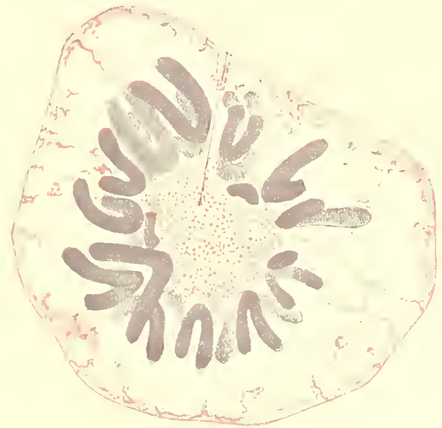


Fig. 74.

Fig. 73. **Junge Zentralspindel** einer Spermiocyte von Salamandra. (Aus Drüner).
Fig. 74. **Querschnitt der Zentralspindel.** Querschnitt einer Spermiogonie von Salamandra. (Aus Drüner).

2. Metaphase. Die Zentralspindel erreicht ihre stärkste Ausbildung, sie liegt im längsten Durchmesser der Zelle. Die Chromosomen, welche inzwischen kürzer und dicker geworden sind, lagern sich derartig, daß die Schleifenscheitel der Zentralspindel zugekehrt, die Schleifenschenkel nach der Zellperipherie gerichtet sind. Von einem der beiden Pole aus gesehen, bilden die Chromosomen einen Stern (Fig. 75, c), dessen Strahlen durch die Schleifenschenkel gebildet werden (Stadium des Muttersterns, des Monaster). Zugleich liegen sie in einer Ebene, welche auf der Zentralspindel senkrecht steht und „Aequatorialebene“ genannt wird. Sie entspricht der Gegend in welcher später die Teilung des Zelleibes stattfindet.

An den einzelnen Chromosomen (Mutterschleifen) wird jetzt eine Längsspaltung in zwei kongruente Stücke, die „Tochterschleifen“ deutlich. Sie beginnt schon am Ende der Prophase und ist jetzt bereits durch mittlere Vergrößerung deutlich erkennbar.

Die feineren Vorgänge der Schleifenteilung bestehen darin, daß jedes der zahlreichen Chromatinkügelchen, aus welchen die Mutterschleifen bestehen, sich streckt und in zwei gleiche Stücke zerfällt, je eins für jede Tochterschleife.

3. Anaphase: Die Tochterschleifen werden durch die an ihnen befestigten kontraktilen Zug- oder Mantelfasern zu ihrer Zentrosphäre hingezogen, während die nicht kontraktilen Fasern der Zentralspindel als Stemmfasern die beiden Zentren auseinanderhalten, worin sie durch die übrigen an der Zelloberfläche inserierenden

Radien unterstützt werden. (Stadium der Tochtersterne, des Diaster.) Die auseinanderweichenden Gruppen scheinen durch feine Fäden, „Verbindungs-

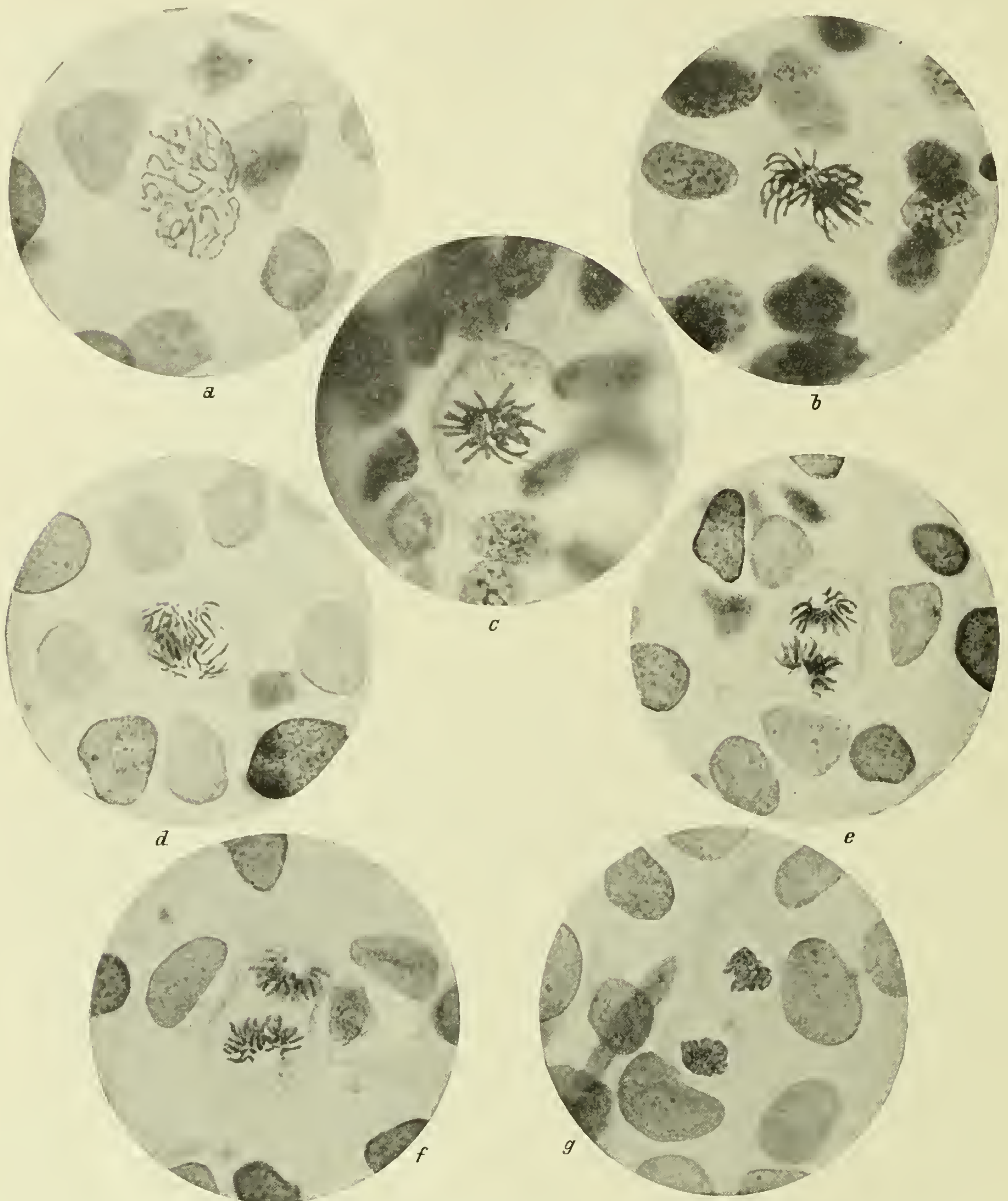


Fig. 75.

Kernteilungsfiguren und ruhende Kerne in Epidermiszellen von Salamandra. (Nach Photos von Fr. Kopsch.)
a Prophase, Spirem; *b, c* Metaphase, Monaster; *d, e, f* Anaphase, Diaster; *g* Telophase.

fäden", miteinander verknüpft zu sein. Diese sind vielleicht nichts anderes als die Fasern der Zentralspindel.

4. Telophase: Die Chromosomen werden mit der größeren Annäherung an ihre Zentrosphäre kürzer, dicker und rücken dichter aneinander. Sie verbinden sich

miteinander, werden zackig und rauh durch kleine Fortsätze und werden schließlich von einer Kernmembran umhüllt. Sie bilden sich allmählich wieder in einen bläschen förmigen Kern um, indem sie die Umwandlungen, welchen der Kern in der Prophase unterliegt, nunmehr in umgekehrter Reihenfolge durchmachen. Währenddessen verliert sich die Strahlung um die Zentrospäre und kann gänzlich schwinden. Das Zentriol aber teilt sich häufig schon jetzt in zwei Stücke.

Die Teilung des Zelleibes beginnt erst in diesem Stadium, manchmal aber auch schon im Stadium der Tochtersterne. Sie beginnt mit einer Furche an einer Stelle des Äquators, welche dann ringförmig dem Äquator folgend, sich zu einer ringförmigen Einschnürung vervollständigt. Diese vertieft sich, bis endlich die Durchtrennung erfolgt ist. Unterbleibt die Teilung des Protoplasmas, so liegt eine zweikernige Zelle vor.

In manchen Fällen leitet sich die Teilung des Zellkörpers durch eine äquatoriale Differenzierung der Verbindungsfäden der Spindel ein. Am Äquator treten Körnchen auf, welche in zwei Reihen sich ordnen. Die Einschnürung des Zelläquators geht zwischen beiden Reihen hindurch, bis vollständige Halbierung eingetreten ist. Hierauf ziehen sich die Fäden jeder Hälfte nach dem Kern zurück. Jetzt erst bildet sich die Kernmembran aus und der Kern tritt in die akinetische Phase ein. Im Pflanzenreich ist die äquatoriale Differenzierung der Verbindungsfäden schon länger als Zellplatte bekannt. Bei tierischen Zellen dagegen ist sie eine verhältnismäßig seltene und zugleich rudimentäre Erscheinung (v. Kostanecki). Möglicherweise als Reste einer Zellplatte sind Körperchen anzusehen, welche zwischen den geteilten Zellen beobachtet wurden und sich dem Chromatin ähnlich gefärbt hatten (die Zwischenkörperchen von W. Flemming).

Nach einer verschieden langen, oft minimalen Ruheperiode beginnt der Kern von neuem in die kinetische Periode einzutreten. Dabei ist beachtenswert, daß sehr oft die Teilungsaxe jeder folgenden Teilung senkrecht steht zu der vorausgehenden, auch in der Weise, daß die Teilungsaxen nacheinander den drei Richtungen des Raumes entsprechen. Doch gibt es hier typische Verschiedenheiten in Menge.

Über die Wirkungsweise der von der Sphäre ausgehenden Fäden, der „organischen Radien", hat M. Heidenhain (Verh. anat. Ges. 1896) eine Theorie (siehe Auflage VII) aufgestellt, deren Unrichtigkeit von R. Fick (Arch. Anat. u. Phys. 1897) dargetan worden ist.

Die Dauer der Mitose wechselt nach der Tierart. Sie ist bei Warmblütern kürzer als bei Kaltblütern und beträgt beim Menschen vielleicht ½ Stunde, bei Salamandra 2—5 Stunden (Flemming). Bei der Furchung von Belone acus, und bei Amphioxus (bei 18—19°) ungefähr 1 Stunde, bei Gobius und Crenilabrus (bei 15—19° C.) 30—40 Minuten (Fr. Kopsch).

Wärme befördert, verschiedene Eingriffe hemmen den Ablauf der Mtose, z. B. Abkühlung, Narcotica, Einwirkung von Säuren, mehrfacher Atmosphärendruck, der Tod der Zelle. —

Über die Frage, ob im Kern, im Protoplasma oder in der Zentrosphäre der Antrieb zur Teilung enthalten sei, sind die Autoren verschiedener Ansicht. Es scheint, als ob der Zentrosphäre die führende Rolle zufalle. Aber man wird sich gleichwohl der Einsicht nicht verschließen dürfen, daß auf einer Wechselwirkung aller drei genannten Teile der Antrieb zur Teilung beruht.

B) Direkte oder amitotische Teilung.

Nach Flemmings Definition ist die Amitose diejenige Form der Zell- und Kernteilung, bei der eine Spindelbildung, eine Bildung von regelmäßig geformten Chromosomen und eine Umlagerung dieser letzteren in bestimmter Form und Reihenfolge fehlt.

Die mitotische Form der Kernteilung ist vor allem während der Entwicklung des Embryos aus dem befruchteten Ei, aber auch während des ganzen übrigen Daseins des Individuums so überwiegend, daß die amitotische oder direkte

Teilung des Kernes und der Zelle, die man auch die einfache nennt und die vor Zeiten als die einzig vorkommende gegolten hat, gerade ihrer Seltenheit und ihres Vorkommens unter besonderen Verhältnissen wegen eher den Eindruck eines sonderbaren Vorkommnisses, als den einer regelrechten Erscheinung macht. Dies ist um so mehr der Fall, als sie nicht stets in derselben Form auftritt, sondern mehrere Unterformen zeigt. Es liegt eine ansehnliche Reihe von Beobachtungen aus dem Tier- und Pflanzenreich vor.

Eine Zelle schnürt sich hantelförmig ein, das Verbindungsstück verlängert sich und reißt endlich durch. Oder es bekommt eine Zelle zwei Kerne, deren einer sich mit einem Teil des Protoplasmas wie eine Knospe abschnürt. So bei farblosen Blutkörperchen, bei welchen indessen auch die mitotische Teilung vorkommt. (Fig. 76.)



Fig. 76.
Direkte Zellteilung bei einem farblosen Blutkörperchen vom Frosch. (Nach Arnold).

Fragt man, welche Teilungsform in phylogenetischem Sinne als die ältere betrachtet werden dürfte, so könnte man geneigt sein, die einfachere Amitose als die ursprünglichere Form zu betrachten (Waldeyer). Indessen wäre damit gleich von Anfang an ein Prinzip der Unordnung gesetzt, das nicht ohne Not angenommen werden kann. Die Mitose der Pflanzen und Protisten spricht aber für die entgegengesetzte Annahme. H. E. Ziegler[1]) ist der Ansicht, daß bei den Metazoen die Amitose nur bei solchen Kernen vorkommt, welche schon eine weitgehende Änderung ihrer ursprünglichen Struktur erfahren haben, und daß Kerne, welche aus einer amitotischen Teilung hervorgegangen sind, sich später nicht wieder auf mitotischem Wege teilen können.

Nach neueren Erfahrungen im Tier- und Pflanzenreich stehen sich Mitose und Amitose nicht so schroff gegenüber, als es anfangs schien. Beide Formen können miteinander abwechseln. So kommt Nußbaum auf Grund seiner Studien am Batrachierhoden zu dem Schluß, daß die Amitose in günstigen Fällen wieder von Mitose gefolgt sein kann. (Arch. mikr. Anat. Bd. 68, 1906). Bei Spirogyra kann man, wie A. Nathanson zeigte, die mitotische Kernteilung durch amitotische experimentell verdrängen und umgekehrt, ohne daß das normale Wachstum der Zellen gestört wird. Beide Teilungsarten können sich physiologisch vertreten.

Nach W. His sind Beziehungen der Amitose zur pluripolaren Mitose, zur Syncytien- und Riesenkernbildung vorhanden. Rückert nimmt an, daß die Amitosen zeitlich gestörten Mitosen ihren Ursprung verdanken. His schlägt daher vor, den Ausdruck Amitose durch Synkaryose zu ersetzen.

1) H. E. Ziegler: Die Entstehung des Periblastes bei den Knochenfischen. Anat. Anz. Bd. XII, 1896. — W. His; Über Zellen- und Syncytienbildung. XXIV. Bd. Abhandl. kgl. sächs. Akad. Wiss. Leipzig 1898.

Van der Stricht vermutet, daß die polyzentrischen Riesenkerne im Periblast (Dottersackentoblast) von Fischeiern durch Verschmelzung einzelner Kerne entstehen und nachträglich wieder in getrennte Kerne sich auflösen; ebenso verhält es sich im Knochenmark. Auch Van der Stricht verwirft den Begriff der Amitose; er sieht sie für Folgeerscheinungen zeitlich verschobener Mitosen an. Immerhin bleibt es merkwürdig, daß solche Verschiebung wieder eine Zurechtschiebung erfahren und in die gewöhnliche Mitose umschlagen kann.

Die Zwecke der Zell- und Kernteilung sind nicht sämtlich ohne weiteres klar. Vielmehr muß man sich fragen, warum denn nicht der Körper des Eies unter ungleichförmigem Wachstum, ohne fort und fort Teilungen einzugehen, die Endform des betreffenden Wesens erreicht [1].

Dieses Ziel wäre ohne Teilung der Substanz offenbar schwer zu erreichen. Das Ziel würde sich darin ausprägen, daß der menschliche Leib, wie er dem freien Auge erscheint, eine zusammenhängende Masse darstellen müßte, wobei an irgend einer Stelle ein mächtiger Kern, wenn erforderlich, thronte und seines Amtes waltete. Oder statt des einen Kernes könnten durch Teilung desselben an unzähligen Stellen Kerne liegen, ohne daß das Protoplasma Teilungen erfahren hätte.

So liegen aber in Wirklichkeit bei allen höheren Wesen die Dinge bekanntlich nicht, und man muß untersuchen, warum sie anders liegen.

Als Zwecke der Zellteilung ergeben sich:

α) Zeugung. Ohne Abgliederung von kernhaltigen Substanzstücken (Zellen) aus den elterlichen Organismen gibt es keine Neubildung von Individuen.

β) Vermehrung der Formelemente, mit allen für die gesteigerte Funktion daraus sich ergebenden Folgen.

γ) Oberflächenvergrößerung. Die Oberfläche wächst nur im Quadrat, der Inhalt oder Raum dagegen im Kubus (Leuckart). Wenn ein des Stoffwechsels bedürftiger Körper in seiner Größe fort und fort zunimmt, so wird bald ein Zustand eintreten, in welchem die vorhandene Oberfläche nicht mehr genügt. So ist ein Moment gegeben zur Vergrößerung der Oberfläche, sei es nach außen, sei es nach innen. Die innere Oberfläche aber wird in leicht zu berechnender Weise vergrößert durch das Auftreten von Spalten, welche von der Furchung des Eies an in steigender Menge zur Ausbildung gelangen und das Ganze in gesetzmäßiger Weise, unter Einhaltung bestimmter Spaltrichtungen und bestimmter Zeiten, in kleine Teile zerstückeln.

δ) Lockerung und Festigung der Teilstücke.

Die nächste Folge der Substanzteilung ist eine Lockerung der Teilstücke; die Möglichkeit des Platzwechsels tritt ein (Zellverschiebungen bei der Furchung, Blutbewegung). Werden früher oder später Zellmembranen gebildet, so haben letztere in mechanischer Hinsicht den Zweck der Festigung von Zellgebieten, ohne daß das eingeschlossene Protoplasma seine Eigenschaften zu ändern hätte. Membranen sind häufig von Poren durchsetzt, so daß das Prinzip der Kanalisation des Protoplasmas hier gewahrt bleibt; oder Membranen, die oft nur feine Abschlüsse des Protoplasmas nach außen darstellen, sind doppelseitig (an gegenüberliegenden Zellwänden) vorhanden, zwischen ihnen aber liegen von feinen Brücken durchsetzte intercellulare Kanäle (Epithelium, Endothelium); immer aber stellen Membranen, abgesehen von ihrer Funktion, Dialysenmembranen bilden zu können, Befestigungssysteme dar.

Ähnlich den Spalträumen und ähnlich den Membranen verhalten sich in mechanischer Hinsicht die wichtigen Intercellularsubstanzen, je nachdem sie von flüssiger Beschaffenheit sind (Blutplasma) oder von fester (Bindegewebe, Knorpel, Knochen). Im Knochen uud Dentin haben die Intercellularsubstanzen den höchsten Grad von Festigkeit erreicht, während die wie in Särgen eingeschlossenen, aber doch nicht ganz abgeschlossenen Knochenzellen ihre protoplasmatische Weichheit bewahren.

ε) Differenzierung.

Die Zellenmassen eines höheren Tier- und Pflanzenkörpers sind nicht sämtlich von einerlei Beschaffenheit und Leistung, vielmehr haben die mannigfaltigsten Differenzierungen im Lauf der Entwicklung stattgefunden. Die Absicht einer Sonderung verschiedenartiger Teile zu verschiedenen Arbeitsleistungen, mit anderen Worten, die Absicht einer Arbeitsteilung, führt an und für sich schon zur Substanzzerstückelung (Teilung) irgendwelcher Art.

Über das Maß und die Richtung der Differenzierung im einzelnen wird alsbald Genaueres zu berichten sein.

---

1) A. Rauber, Neue Grundlegungen zur Kenntnis der Zelle. Morphologisches Jahrbuch Bd. VIII, 1882.

ζ) Durchwachsung verschiedener Gewebsarten.

Sind einmal verschiedene Sonderungen in den Zellen des Embryos aufgetreten, so nehmen wir wahr, daß Zellen von bestimmten Stellen aus nach den entferntesten Gebieten auswachsen und einwachsen oder selbst wandern, und dadurch die kompliziertesten Organe zustande bringen. So wird eine Muskelanlage von Bindegewebe, Blutgefäßen, Nerven durchwachsen, was nur möglich ist bei vorhandener Substanzzerteilung.

η) Wiederersatz von Zellverlusten physiologischer und pathologischer Art (Abschuppung der Epidermis, Blutung etc.)

Teilung eines organisierten Körpers steht in der Regel in einer bestimmten Beziehung zu seinem Wachstum. Das Wachstum ist gewöhnlich der vorausgehende, die Teilung der nachfolgende Vorgang. Selbst die Eizelle kann man unter diesem Gesichtspunkt betrachten. Denn auch hier ergibt sich, daß das Wachstum das Primäre, die Teilung das Sekundäre ist. Da das befruchtete Ei während der Furchung nicht wächst, sondern rasch in eine große Anzahl von Blastomeren zerfällt, so scheint in jenem Satze ein Widerspruch zu liegen. Aber man muß bedenken, daß das Ei erst aus einer kleinen epithelialen Zelle allmählich, ohne Teilungen einzugehen, zu der riesigen Größe heranwächst, die es unmittelbar vor der Furchung besitzt. So erscheint die Furchung hier als eine rasche Nachholung vorher versäumter Teilungen.

5. Lebensdauer der Zellen.

Gehen wir aus von der Eizelle:

Aus der befruchteten Eizelle entsteht durch fortgesetzte Teilungen eine große Menge von Zellen, aus welchen der Organismus mit seinen Geweben und Organen sich aufbaut. Ein kleiner Teil dieser Teilstücke liefert die zur Fortpflanzung des Lebens bestimmten Keimzellen, während alle übrigen Zellen nach längerer oder kürzerer Zeit absterben, und zwar finden schon in embryonaler Periode, in verschiedener Weise wirkliche Untergänge von Zellen statt, die durchaus physiologischer Art sind: Abschuppungen von Epithelzellen, Auflösungen von Drüsenzellen, Ausstoßung der Eihäute mit der Placenta und der Nabelschnur, Zerstörung von Knorpelgewebe bei der Ossifikation, Zerstörung von Chordagewebe bei der Chondrifikation, Zerstörung von Knochengewebe bei der mit dem Wachstum des Knochens einhergehenden Knochenresorption etc. Auch in minder auffallendem Grade macht sich während des ganzen Lebens, abgesehen von erheblichen, augenfälligen Verlusten, wie Ausfallen der Haare, Abgänge von Blut bei der Menstruation, ein Untergang alternder Zellen in dieser oder jener Gewebsart geltend, wovon mehr oder weniger deutliche Anzeigen vorliegen, ohne daß von pathologischem Untergang und Schwund die Rede wäre.

Sehr viele Zellen sterben also früher als der Organismus, zu dem sie gehören. Welche Zellenarten ebenso lange leben wie der zugehörige Organismus, von seiner Entstehung an bis zu seinem Untergange, läßt sich einstweilen noch nicht mit Sicherheit bestimmen. Wahrscheinlich ist es so beim Nervengewebe[1]).

Eine interessante Darstellung der Gewebe beim Altern lieferte kürzlich Fr. Merkel[2]). Er kommt dabei zu folgenden wesentlichen Ergebnissen. „Aus dem Gesagten erhellt, daß es lediglich darauf ankommt, inwieweit sich ein Gewebe in seinem fertigen Zustande von dem Typus des ursprünglichsten embryonalen Keimgewebes, von dem des Epithels, entfernt. Je näher es demselben steht, um so labiler sind die einzelnen Elemente, um so stabiler ist die Zusammensetzung des ganzen Gewebes; je weiter davon entfernt, um so beständiger sind die einzelnen Zellen, um so sicherer verändert sich aber das ganze Gewebe zum schlechteren. Die Intercellularsubstanzen und die ihnen ähnlichen Gewebe vollends, die Produkte der Zelltätigkeit, können aus eigener Kraft gar nichts tun, sie können nur immer starrer und funktionsunfähiger werden und befinden sich vom Momente ihrer Fertigstellung an auf einer abwärtsführenden schiefen Ebene. Hält man Umschau unter den Bauelementen des Körpers, dann sieht man, daß auch gerade diese Teile dem alternden Individuum sein Gepräge aufdrücken. Die Bindesubstanzen, bei welchen das Zwischengewebe den breitesten Platz einnimmt, sind es, die den auffallendsten Veränderungen unterliegen. Sie bewirken die Falten und Runzeln, sie leiten in den Gefäßen die verderblichen Involutionserscheinungen ein. Dazu kommt noch

1) X. Bichat, Über Leben und Tod. Tübingen 1802, aus dem Französischen. — Al. Goette, Über den Ursprung des Todes. Hamburg und Leipzig 1883. — A. Weismann, Über die Dauer des Lebens; Über Leben und Tod. Jena 1882 und 1884.

2) Fr. Merkel, Über die Gewebe beim Altern. X. Internationaler med. Kongreß. Bd. II.

die auf gleiche Ursachen zurückzuführende Veränderung der geformten Bestandteile des Blutes und endlich die zunehmende Veränderung des Herzmuskels. Das ganze System des Kreislaufes aber muß auf alle anderen Gewebe seinen Einfluß ausüben und sie in ihren Tätigkeiten schwächen. Es ist dadurch ein Circulus vitiosus eingeleitet, welcher langsam zum Bilde des atrophischen Greises und endlich zum völligen Erlöschen der Lebenstätigkeiten führt."

Die im Organismus befindlichen Zellen setzen auch nach dem Tode des Ganzen ihr Leben großenteils noch eine Zeit lang fort, je nach der Art des Organismus und der Zellen: am raschesten sterben den Einflüssen des Stoffwechsels und der Wärme entzogene Zellen von Warmblütern ab.

Das Altern und der Untergang der einzelnen Zellen prägt sich teils am Protoplasma, teils am Kern aus. Selbst in untergehenden Zellen kann der Kern noch Stufen kinetischer Tätigkeit zeigen, indem der vorsichgehende Zerfall gleich einem Reiz wirkt. In untergehenden Follikelepithelzellen häuft sich das Chromatin des Kernes zu kompakten Ballen; darauf geht der Kern als abgegrenzter Teil unter, während im Zelleibe zerstreute Chromatinbrocken gefunden werden. Im Protoplasma treten zahlreiche feine Tröpfchen auf, die wahrscheinlich Fett sind. Endlich zerfällt der Zelleib, und auch die Kernbrocken lösen sich im Liquor folliculi, Vorgänge, die Flemming Chromatolyse nannte. Eine andere Art des Unterganges von Zellen findet statt durch Hydropisierung des Protoplasmas, wie bei den Knorpelzellen der Ossifikationsgrenze wachsender Knochen; eine andere Art des Absterbens wieder vollzieht sich durch Verhornung, Keratinisierung, wie bei den Schüppchen der Oberhaut; eine fernere durch Fettdegeneration, wie bei den Zellen der Talgdrüsen; oder durch die Lieferung von bestimmten anderen Drüsensekreten, in deren Bildung die Zelle sich erschöpft und untergeht.

Werden im Absterben begriffene frische Zellen auf die chemischen Veränderungen untersucht, die in ihnen vor sich gehen, so beginnen mit dem Aufhören des Lebens Zersetzungen, selbst ohne Mitwirkung der Fäulnis und ihrer Mikroorganismen. Es treten Fermente auf, welche das Glykogen und andere Kohlehydrate umwandeln. Ferner beginnt eine spontane Zersetzung des Chromatins (Nucleïns). Nach einiger Zeit tauchen in der abgestorbenen Zelle oder ihrer Nachbarschaft Kristalle auf, die meist aus Cholesterin und Fettsäure bestehen. Zuweilen bildet sich infolge tiefgreifender Zersetzungsvorgänge eine Ausscheidung von Leucin und Tyrosin. (A. Kossel.)

Ein Schriftsteller spricht vor Jahrhunderten vom Altern zutreffend folgendermaßen: Hebescunt sensus, torpent membra, visus, auditus, incessus, dentes. Sic magna pars mortis jam praeteriit; quod reliquum est mors tenet.

M. Mühlhausen, Über die Ursache des Alters. Wiesbaden 1900. Vom Anfang an beständig zunehmende Erschwerung der Ernährung und des Stoffwechsels bedingt nach M. das zunehmende Alter der Gewebe. — H. Westergaard, Die Lehre von der Mortalität und Morbidität. 2. Auflage. Jena 1901. — Ch. S. Minot: The problem of age, growth and death. Popular Science Monthly Vol. 71. 1907.

6. Regeneration der Zellen.

Das Vermögen, Substanzverluste physiologischer oder pathologischer Art in irgend welchem Grade wieder zu ergänzen, nennt man Regeneration, Reparation.

Gibt es eine celluläre d. h. an der einzelnen Zelle ablaufende Regeneration, wenn eine solche Zelle Substanzverluste an ihrem Körper erlitten hat?

Die Erfahrung antwortet hierauf in bejahendem Sinne. Es seien folgende Beobachtungen namhaft gemacht:

Bei Versuchen künstlicher Teilung von Infusorien scheinen kernlose Stücke keine Lebensfähigkeit zu besitzen; daher sagt M. Nußbaum (Arch. mikr. Anat. Bd. 26, 1886), 1) Kern und Protoplasma sind nur vereint lebensfähig; beide sterben isoliert nach kürzerer oder längerer Zeit ab, 2) der Kern ist zur Erhaltung der formgestaltenden Energie einer Zelle unentbehrlich.

A. Gruber kam an Aktinophrys zu keiner bestimmten Entscheidung in dieser Frage.

Man kann kernlose Teile des Ei-Protoplasmas künstlich befruchten (d. h. mit einem Kerne versehen) und es entwickeln sich daraus Embyronen (Driesch, Boveri, Delage). Einzelne losgetrennte Stücke des Plasmas der Siphonocladiaceenzellen können nach Schmitz nur dann am Leben bleiben und zu selbständigen neuen Zellen sich gestalten, wenn sie mindestens einen Kern enthalten. Andere entsprechende Beispiele erwähnen Straßburger u. a. Eine wunderbare Regenerationsfähigkeit ist bei der Algengattung Caulerpa festgestellt worden. Die Pflanze besteht aus einer einzigen Zelle mit vielen Kernen, kann also als eine vielkernige Riesenzelle aufgefaßt werden, oder auch als ein Syncytium, an welchem Wurzeln, ein kriechendes Rhizom, Stengel und Blätter zu unterscheiden

sind. Fortpflanzungsorgane irgendwelcher Art sind dagegen bisher nicht aufgefunden worden. Vielmehr beruht ihre Fortpflanzung ganz auf der Regeneration natürlich oder künstlich abgetrennter Stücke.

Auch bei höheren Tieren und beim Menschen ist die Regenerationsfähigkeit von Einzelzellen vielfach bekannt. Das schönste Beispiel bieten Nervenzellen. Hat man am lebenden Geschöpfe die Fortsätze dieser Nervenzellen durchschnitten, so wächst der mit der zugehörigen Nervenzelle zusammenhängende zentrale Stumpf des Fortsatzes allmählich wieder aus: es tritt eine mehr oder weniger weitgehende Restitution ein. Eine andere Art der Regeneration ist die Ergänzung von Substanzverlusten, welche ganze Zellen, ganze Zellenlager und selbst verschiedenartige Gewebshaufen, die zugrunde gegangen sind, betreffen. Hier haben nicht die verwundeten Zellen selbst den erlittenen Substanzverlust zu decken, sondern gesunde intakte Zellen der Nachbarschaft, die am Körper zurückgeblieben sind. So schuppen sich beständig Oberhautzellen von der Körperoberfläche ab. Nicht diese sich abschuppenden Zellen regenerieren sich, sondern die am Körper verbliebenen Zellen liefern durch Teilungen neue Zellen, welche den Substanzverlust zu ersetzen haben. Man muß hier eine normale und eine pathologische Regeneration unterscheiden; letztere tritt ein bei künstlich gesetzten Substanzverlusten kleinerer oder größerer Art.

Es fragt sich, wie groß im bestimmten Falle die Regenerationsfähigkeit sei. Wie, wenn ein Finger, ein Arm, ein Stück Rumpf, ein Auge entfernt wird? Es gibt Tiere, die alle diese Verluste zu ersetzen vermögen: man kann dem sich furchenden Ei ein Blastomer entnehmen — der Rest kann den ganzen Embryo zur Ausbildung bringen. Wie man erkennt, ist das Gebiet der Regeneration ein sehr umfangreiches und bedeutendes. Dementsprechend ist es auch in neuerer Zeit mit großer Energie in Angriff genommen worden.

D. Barfurth: Regeneration und Involution. In: Anatomische Ergebnisse, von Merkel u. Bonnet. Bd. I-XIII. — H. Straßer, Regeneration und Entwickelung. Jena 1889.

7. Chemie der Zelle.

Schon an verschiedenen Stellen ist im Vorausgehenden auf die chemischen Eigenschaften der Zellen die Aufmerksamkeit gelenkt worden. So gelten die folgenden Bemerkungen teils einer Zusammenfassung, teils aber auch einer Erweiterung des Mitgeteilten. Da beständig ineinandergreifende Beziehungen zwischen Form, Stoff und Funktion vorhanden sind, so bedarf es keines weiteren Hinweises auf die Wichtigkeit der chemischen Eigenschaften der Zelle. Leider gibt es, entsprechend der Schwierigkeit des Gebietes, eine Chemie der Zelle einstweilen nur in Bruchstücken; aber aus diesen leuchtet bereits hervor, was in der Zukunft hier noch zu erwarten ist. Es bedarf einer glücklichen Vereinigung von morphologischer Forschung und Beherrschung organischer Chemie, um hier fernere Ergebnisse zu erzielen [1].

A. Kossel, dessen Darstellung wir hier folgen, unterscheidet wesentliche oder primäre Bestandteile der Zellen und nicht wesentliche, sekundäre. Die wesentlichen chemischen Bestandteile sind jene, die in jugendlichen, entwicklungsfähigen Zellen nie fehlen. Bestandteile, die als Nähr- oder Baustoffe von außen aufgenommen sind, oder solche, welche erst mit dem Verlust des ursprünglichen Charakters auftreten, sind sekundäre Bestandteile.

Als primäre Bestandteile der Zelle können gelten:

1. Eiweißkörper, einschließlich der Nucleïne (Nucleïnsäuren);
2. Lecithine;
3. Cholesterine;
4. anorganische Stoffe, unter ihnen Wasser.

Unter den Eiweißkörpern sind wahrscheinlich stets vertreten: Globuline, Vitelline, Plastin, Nucleïne. Die in allen vier Gruppen enthaltenen Elemente sind: Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff-Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, vielleicht auch Eisen.

Das Nucleïn ist dem Zellkern eigentümlich (Miescher) und verleiht teils als Stoff, teils durch seine Struktur dem Kern die hohe Bedeutung.

Durch Zunahme der Umänderung der primären Bestandteile, oder durch das Hinzutreten sekundärer Bestandteile, aber auch durch Änderung im Bau nehmen die Zellen Spezialcharakter an, werden dadurch zu Muskelzellen, Drüsenzellen usw. Da nun die Veranlassung zu diesen Umänderungen in

1) A. Fischer, Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas. Jena 1899.

den Eigenschaften der Zellen selbst gelegen ist, so müssen schon von Anfang an gewisse Unterschiede der bezüglichen Zellenarten vorhanden sein.

Als sekundäre Bestandteile der Zelle sind Fette, Inosit, Taurin, Milch-, Bernstein-, Ameisen-, Essigsäure und gewisse anorganische Stoffe, besonders Kochsalz, zu erwähnen.

Die Rolle der anorganischen Bestandteile ist keine unbedeutende. Der erwachsene Mensch hat etwa 40 Liter Wasser in seinem Körper aufgespeichert. Kein lebendes Wesen kann ohne Wasser bestehen. Wasser ist das Lösungsmittel für alle ihm zugeführten Stoffe. Alle Lebenserscheinungen erfolgen unter dem Einfluß des Wassers. Sehr groß ist die Rolle des Wassers auch beim Wachstum der Organismen und ihrer Teile. In der Periode des maximalen Wachstums geschieht die Volumzunahme einzig und allein durch Wasser.

Was die Rolle der anorganischen Salze betrifft, so muß es genügen, hier darauf hinzuweisen, daß Hunde bei vollkommen salzloser Kost innerhalb 25—30 Tagen unter den Erscheinungen der Abmagerung, von Lähmungen und Krämpfen zugrunde gehen.

Als Beispiel für die quantitative Zusammensetzung einer kernhaltigen Zelle ist eine Analyse der Eiterkörperchen (farbloser Blutkörperchen) von Hoppe-Seiler mitzuteilen.

In 100 Gewichtsteilen organischer Substanz der Eiterkörperchen fand derselbe:

Eiweißstoffe	13,762	Fette	14,383
Nuclein	34,257	Cholesterin	7,400
Unlösliche Stoffe	20,566	Cerebrin	5,199
Lecithin	14,383	Extraktivstoffe	4,433

In der Asche fand sich Kalium, Natrium, Eisen, Magnesium, Calcium, Phosphorsäure und Chlor.

In 100 Teilen Samenfäden des Lachses fand Miescher:

Nucleïnsäure	48,68
Protamin	25,76
Eiweißstoffe	10,32
Lecithin	7,47
Cholesterin	2,24
Fett	4,53
	100,00

Die Verbindung der Nucleïnsäure mit dem Protamin beträgt mehr als 75 Prozent der Gesamtmenge der Spermien.

Reinke und Rodewald untersuchten das Plasmodium der Myxomyceten (Schleimpilze) an Aethalium septicum, der sogenannten Lohblüte. Sie vergleichen deren Konsistenz mit einem wassergefüllten Schwamm und konnten durch stärkeres Pressen 66,7 Prozent Flüssigkeit gewinnen. Die letztere hatte ein spezifisches Gewicht von 1,209 und enthielt 7-8 Prozent löslicher Eiweißstoffe. Die Reaktion des Plasmodiums war stets alkalisch.

Untersuchungen dieser Art sind nun allmählich auf die verschiedensten Zellenarten auszudehnen, um das gewonnene Bild zu erweitern. Vom morphologischen Standpunkt aus haben zunächst die Protozoën ein großes, kaum angebrochenes Untersuchungsfeld für die organische Chemie zu bilden; ferner die Eier in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen, von den verschiedensten Tiergattungen; sodann Spermien niedriger Tiergattungen (z. B. von Astacus); darauf die einzelnen somatischen Gewebe geeigneter Tiere. In ähnlicher Weise wird im Reich der Pflanzen zu verfahren sein. Ausführlicheres hierüber siehe in den Lehrbüchern der Physiologie.

Was kostet der Mensch als Stoff? Die organischen und unorganischen Materialien, aus welchen sich der Körper des Menschen zusammensetzt, haben nach der Berechnung eines Engländers, hoch veranschlagt, einen Marktwert von 40—50 Mark.

R. Brasch, Die anorganischen Salze im menschlichen Organismus, Wiesbaden 1900. — F. Botazzi. Contribution à la connaissance de l'importance physiologique des substances minérales. Arch. italiennes de Biol. XXXI, 1891. — C. B. Davenport, Die Rolle des Wassers beim Wachstum. Proceedings of the Boston Soc. of Nat. History. — R. Höber, Die Bedeutung der Theorie der Lösungen für Physiologie und Medizin. Biolog. Zentralbl. XIX, 1899.

C) Differenzierung der Zellen, Gewebe- und Organbildung.

Die Differenzierung oder Sonderung der Zellen erscheint als eine von den Aufgaben der Zellteilung. Jede Sonderung von Zellen läuft an dem Material ab,

welches von dem befruchteten Ei, d. i. der Ausgangsstufe des neuen Individuums infolge der fortlaufenden Zellteilungen geliefert wird. Das Ziel dieser Sonderung ist Arbeitsteilung, welche notwendig wird für den Organismus hochstehender Wesen. Bei den Protisten leistet die einzige Zelle, aus welcher ihr Leib besteht, alle vorhandenen Aufgaben. Schon hier ist eine gewisse Arbeitsteilung vorhanden, indem der Kern andere Funktionen hat, als das Protoplasma. Innerhalb des letzteren sogar können noch Sonderungen vorhanden sein, selbst zur Ausbildung von Muskelfibrillen kann es kommen. In großen Zellenstaaten, wie bei höheren Pflanzen und Tieren, wird eine weitergreifende Sonderung notwendig; verschiedene Grade und Formen der Sonderung erheben die verschiedenen Wesen zu verschieden hohen Stufen.

Geht man dazu über, das Maß und die Richtungen der Differenzierung kennen zu lernen, so werden jetzt alle verschiedenen Zellformen und ihre Erzeugnisse aufzuzählen sein. Zur Erfüllung dieses Zweckes aber ist es geboten, die verschiedenartigen Zellen in natürliche Gruppen vereinigt zu schildern, in die Gruppen der sogenannten einfachen Gewebe.

Ein Gewebe ist ein Komplex urprünglich gleichartiger Zellen und ihrer Abkömmlinge.

Solcher Gewebe unterscheiden wir beim tierischen Organismus vier:

1. Epithelgewebe,
2. Bindesubstanzgewebe,
3. Muskelgewebe,
4. Nervengewebe.

Die Organe des tierischen Körpers bestehen aus einem oder aus mehreren der genannten Gewebe. Die morphologische und physiologische Definition des Begriffes Organ lautet:

Ein Organ besteht aus einem oder mehreren Geweben und verbindet mit bestimmter Form bestimmte Funktion. Beispiele: Eine Becherzelle besteht nur aus einer Zelle eines Gewebes; ein Nagel wird gebildet aus einer großen Menge von Zellen desselben Gewebes; eine Drüse besteht aus verschiedenen Geweben.

Aus einer Anzahl von Organen baut sich die höhere funktionell zusammengehörige Einheit auf, der Apparat, z. B. der Sehapparat (richtiger als die Bezeichnung Sehorgan), bestehend aus dem Auge, den Augenmuskeln, Nerven, Blutgefäßen und zahlreichen anderen Hilfsorganen.

Der ganze tierische Organismus schließlich besteht aus einer großen Anzahl von Organen und Apparaten.

Auf die Schilderung der Elementarteile muß demnach zunächst folgen die Beschreibung der Gewebe. Man kann sie in der verschiedensten Weise ordnen, ausgehend vom morphologischen, physiologischen oder embryologischen Gesichtspunkt. Keine dieser strengen Klassifizierungen hat sich allgemeine Geltung verschaffen können. Die bei weitem verbreitetste Einteilung ist die eben aufgeführte, bei welcher nicht ein Prinzip den Ausschlag gegeben hat, sondern entwicklungsgeschichtliche, physiologische und morphologische Eigenschaften als Unterlage dienen.[1])

---

1) J Gaule, Oekus der Zellen; in: Beiträge z. Physiologie, Festschrift für C. Ludwig, 1887.

Eine Zusammenstellung der verschiedenen möglichen Einteilungen der Gewebe hat Rauber einst gegeben und mit Erläuterungen versehen.[1])

Man kann die Gewebe einteilen:

1. nach der Form:
   a) zellulare Gewebe,
   b) Interzellularsubstanz führende Gewebe,
   c) plasmodiale und
   d) syncytiale Gewebe;

2. nach der Funktion oder nach physiologischem Prinzip:
   a) Fortpflanzungs- oder germinatives Gewebe = Gonoblastengewebe: Eier- und Samengewebe,
   b) somatisches oder personales Gewebe: sensibles, sensorisches, neuro- und myomotorisches resorbierendes, sekretorisches, stützendes Gewebe usw.;

3. nach ontogenetischem, individuell-entwicklungsgeschichtlichem Prinzip
   a) ektodermales,
   b) entodermales,
   c) mesodermales und mesenchymatisches Gewebe;

4. nach phylogenetischem, stammesgeschichtlichem Prinzip:
   a) primäres Gewebe: das Epithel der Blastula und Gastrula,
   b) sekundäres oder apotheliales Gewebe: alle übrigen, aus dem genannten Epithelium entspringenden, abgeleiteten Gewebe;

5. nach chemischem Prinzip: Eine nach chemischem Prinzip zutreffende Unterscheidung ist zur Zeit nur in Bruchstücken möglich und der Zukunft vorbehalten.

Zur weiteren Erläuterung ist das Folgende zu bemerken:

ad 1. Zellulare Gewebe sind solche Gewebe, bei welchen die einzelnen Zellen dicht aneinandergereiht sind, wie bei den Epithelien und den epithelialen Drüsen. Im zellularen Gewebe sind die einzelnen Zellen entweder in Reihen oder Schichten geordnet: Epithelien, Reihenzellen, Taxiten; oder in haufenweiser, diffuser, plethoïder Vereinigung untergebracht, wie beim Fettgewebe, Muskelgewebe: doch schimmert beim gestreiften Muskelgewebe die ursprüngliche epitheliale oder Reihenform deutlich durch.

Von dieser Gewebsform unterscheidet sich die folgende dadurch, daß sie reichliche Interzellularsubstanz führt, wie ein Teil des Bindegewebes, Knorpel, Knochen, Dentin.

Plasmodiale Gewebe sind solche, bei welchen innerhalb einer sich ausdehnenden Zelle Kernteilung in irgend welcher Häufigkeit statthat, ohne daß die Zellteilung ihr nachfolgt, wie bei der gestreiften Körpermuskulatur.

Syncytiale Gewebe dagegen sind solche, bei welchen vollständige Zellteilung vorhanden war, die Zellgrenzen aber sekundär geschwunden sind (in gewissen epithelialen Lagern zerstreut im Tierreich vorkommend).

ad 2. Nach der Funktion zerfallen die Gewebe in germinatives und somatisches Gewebe, Gewebe der Gonoblasten oder Keimzellen einerseits und übrige Körpergewebe andererseits.

Das Gewebe der Gonoblasten oder Keimzellen ist von der Gesamtheit aller übrigen Gewebe so zu trennen, daß beide große Gruppen einander koordiniert gegenüberstehen: die eine Gruppe, die Keimzellen umfassend, dient der Fortpflanzung der Art und setzt für sich das Leben fort, wenn die geeigneten Bedingungen vorhanden sind; die andere Gruppe, alle übrigen Gewebe des Individuums umfassend, dient der Erhaltung des Individuums und macht in ihrer Gesamtheit die Gewebe der Person aus, d. h. des Körpers minus Gonoblasten; sämtliche somatischen Gewebe unterliegen dem Untergange. Die germinalen und somatischen Gewebe zusammengenommen bilden das Individuum Diese beiden großen physiologischen Gruppen sind auch dadurch von einander unterschieden, daß die germinalen Gewebe oder Gonoblasten ihrem Wesen nach ursprüngliche Verhältnisse

1) A. Rauber, Die histologischen Systeme Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft zu Leipzig, Bd. X, 1883. — E. Häckel, Urprung und Entwicklung der tierischen Gewebe. Jenaische Zeitschrift. XVIII, 1884.

bewahren oder während ihrer Entwicklung wiedererlangen, während die somatischen Gewebe mehr oder weniger weitgehende Differenzierungen erfahren und wahrscheinlich aus diesem Grunde dem Untergang verfallen, während die vorgenannten das Leben fortpflanzen.

ad 3. Eine Klassifizierung nach ontogenetischem Prinzip führt zu folgenden Ergebnissen: Die embryonalen Fundamentalorgane oder Keimblätter liefern nachstehende Erzeugnisse:

A) Äußeres Keimblatt oder Ektoderm:

Epidermis, Haare, Nägel, Epithel der Hautdrüsen, zentrales und peripheres Nervensystem in seinen wesentlichen Bestandteilen, Epithel der Sinnesorgane, Linse.

B Inneres Keimblatt oder Entoderm:

Epithel des Darmes und seiner epithelialen Drüsen.

C) Mittleres Keimblatt oder Mesoderm:

a) gestreifte Muskeln.
b) Epithel der Pleuro-Peritonaealhöhle, Epithel der Geschlechtsdrüsen und ihrer Ausführungsgänge, Epithel der Nieren und Harnleiter, Chorda dorsalis.
c) Mesenchymkeim:
Gruppe der Bindesubstanzen und glatte Muskulatur.

ad 4. Die historische Entwicklung der Gewebe aus den Keimblättern der Stammform der Metazoën, Gasträa, bedingt hier die Klassifikation. Das phylogenetische System ist im Sinne der Theorie das einzige natürliche System. Es muß mit dem ontogenetischen System im wesentlichen zusammenfallen, insofern entsprechend dem biogenetischen Grundgesetz von E Häckel die individuelle Entwicklung eine kurze Rekapitulation der Stammesentwicklung darstellt. Da nun die genannte Stammform ausschließlich aus Epithel besteht, so sind alle Gewebe der höheren Organismen vom Epithel abzuleiten, sie sind apothelial.

Fünfter Abschnitt.

Die Gewebe.

Von den verschiedenen Einteilungen der Gewebe ist am meisten verbreitet die folgende. Man unterscheidet:

1. Epithelgewebe,
2. Bindesubstanzgewebe,
3. Muskelgewebe,
4. Nervengewebe.

Das Epithelgewebe.

Definition: Das Epithelgewebe besteht nur aus Zellen, welche durch Kittsubstanz oder durch Fortsätze oder durch beides miteinander verbunden sind und als zusammenhängende ein- oder mehrschichtige Decke freie Oberflächen bekleiden.

Es ist von allen Geweben das einfachste, weil es nur aus Zellen besteht und schließt sich deshalb am besten direkt an die Zellenlehre an. Mit dem Namen Epithel (von ἐπί = auf und θηλή = Brust, Brustwarze) wird bei Ruysch das feine Häutchen auf der Oberfläche der Brustwarze, dann auch auf Lippe, Zunge, Glans penis bezeichnet. Deshalb sollen die Zellenlagen, welche Binnenräume (Blut- und Lymphgefäße, Lymphräume) bekleiden[1]), nicht als Epithelien bezeichnet werden. Für diese hat sich der in wörtlicher Übersetzung unrichtige Name Endothel fest eingebürgert.

Allgemeine Eigenschaften. Epithelzellen sind, wie Stöhr treffend auseinandersetzt, scharf begrenzte, aus Protoplasma und Kern bestehende Zellen; eine Membran fehlt häufig; oft wird sie durch eine feste Beschaffenheit der peripherischen Protoplasmaschicht ersetzt. Die meisten Epithelzellen sind weich und dadurch leicht in der Lage, sich umgebenden Druckverhältnissen anzupassen. Gerade infolge ihrer Aufreihung sind sie aber auch unter bestimmten Umständen befähigt, stärkeren Druck aufeinander auszuüben und dadurch wichtige formbildende Erscheinungen, insbesondere im embryonalen Leben, hervorzurufen. Selbst noch beim Erwachsenen stehen viele epitheliale Zellenlager unter dem gegenseitigen Druck ihrer Elemente, wie die Formen der Zellen leicht erkennen lassen und anderweitig bewiesen wird.

Der Formenreichtum der Elemente des Epithelgewebes ist sehr bedeutend; auch an Größe finden sich beträchtliche Unterschiede. Der Zelleib kann die verschiedenartigsten äußeren und inneren Gliederungen erfahren.

Der Gestalt nach unterscheidet man vier Formen: Platten-(Plaster-)Epithel, Zylinder-Epithel, Flimmer-Epithel, Übergangs-Epithel.

Die Zellen des Platten-Epithels sind flache, dünne schüppchenartige Platten meist von unregelmäßiger Begrenzung; nur die Zellen des Pigment-Epithels der

1) Waldeyer, Kittsubstanz, Grundsubstanz, Epithel u. Endothel. Arch. mikr. Anat. Bd. 57, 1900.

Netzhaut, des Stratum pigmenti, sind regelmäßig sechsseitig (s. Fig. 77), während andere, z. B. die oberflächlichen Zellen des Mundhöhlen-Epithels, eine unregel-

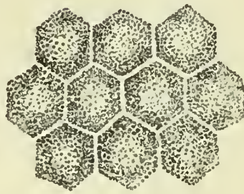


Fig. 77.

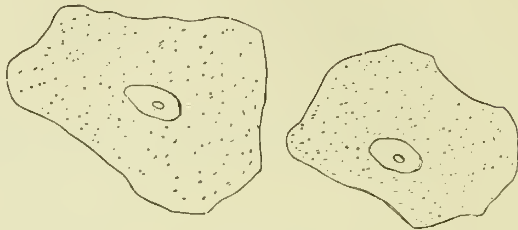


Fig. 78.

Fig. 77. **Zellen des Pigmentepithels** der Netzhaut des Menschen. (Nach M. Schultze).

Fig. 78 **Plattenepithelzellen** der Mundschleimhaut. 600 : 1.

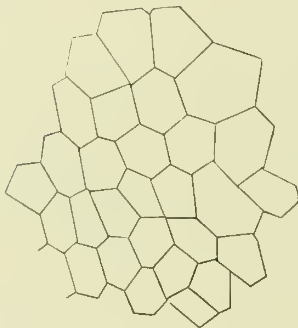


Fig. 79.



Fig. 80.

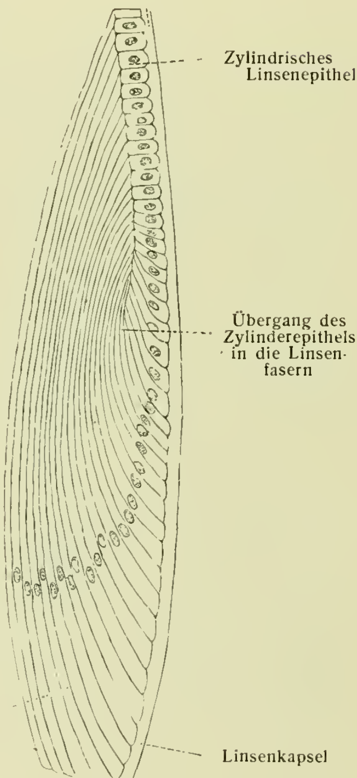


Fig. 81.

Linsenfasern: Meridionalschnitt durch den Linsenrand. Vom Kaninchen. (Nach Babuchin).

Fig. 79. Oberflächenbild der **Epidermis** eines kleinen Fisch-Embryo (Perca fl.); Zellengrenzen. 200 : 1.

Fig. 80. Isolierte **Zylinderepithelzellen** aus dem Froschdarm. 1000 : 1.

mäßige Umgrenzung haben (Fig. 78). Andere Platten-Epithelzellen von fünf oder sechsseitiger Form besitzen zwar gradlinige Grenzen, doch sind diese ungleich lang (Fig. 79).

Die Zylinder-Epithelzellen sind prismatische Säulen von verschiedener Länge. Man findet alle möglichen Formen von (den sogenannten) kubischen[1]) Zellen an bis zu den langen bandartigen „Linsenfasern" der Augenlinse. Der ellipsoidische Kern steht mit seinem längsten Durchmesser in der Längsausdehnung der Zelle. Der basale Teil der Zelle trägt feine Fortsätze zur Verankerung an der Unterlage.

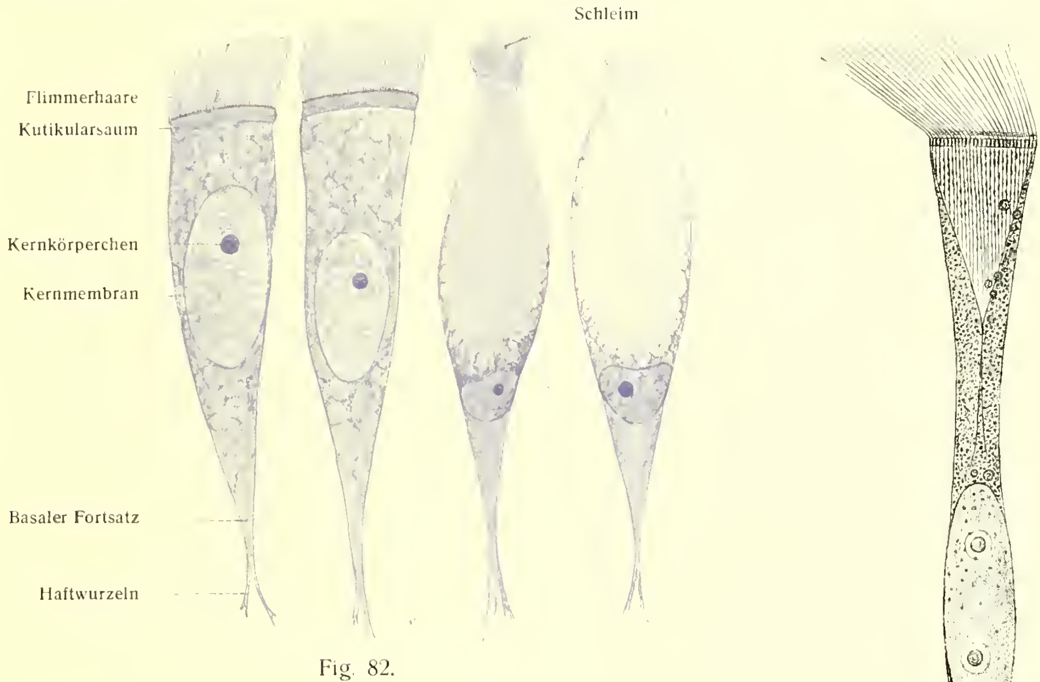
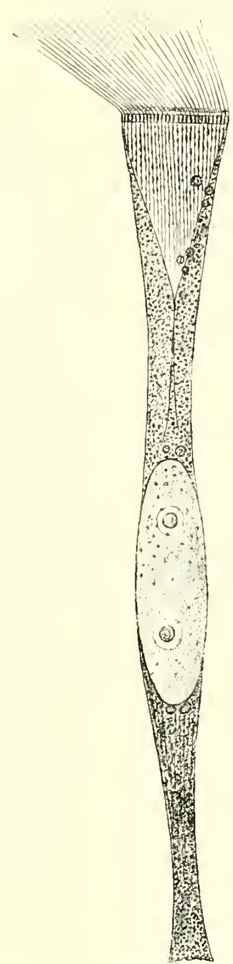
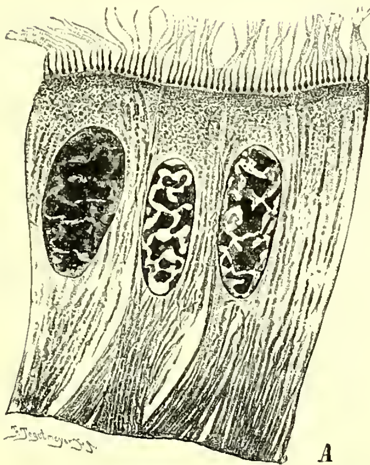


Fig. 82.





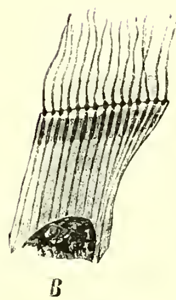


Fig. 83. Fig. 84.

Fig. 82. **Isolierte Flimmer- und Becherzellen** vom Gaumendach des Frosches. 1000 : 1.

Fig. 83 *A* und *B*. **Flimmerzellen.** Darmepithel von Helix. (M. Heidenhain).

Fig. 84. **Flimmerepithelzelle** von Cyclas. (W. Engelmann).

Die Flimmer- oder Wimper-Zellen sind zylindrische oder kegelförmige Zellen, deren freie Oberfläche mit zahlreichen, im Leben sich bewegenden (flim-

1) Die Bezeichnung „kubische" Zellen ist ungerechtfertigt. Würfelförmige Zellen hat wohl noch niemand gesehen; die sogenannten kubischen Zellen sind ihrer Form nach niedrige Stücke von fünf- oder sechsseitigen zylindrischen oder prismatischen Säulen.

mernden) feinen Fäden besetzt ist. Die Flimmerhaare sind in einer besonderen, festen peripherischen Zellschicht, dem Kutikularsaum befestigt. Sie stehen dort in Verbindung mit den Basalkörperchen (s. Fig. 83, 84). Von diesen ziehen, wie zuerst Nußbaum gezeigt hat[1]), auch in den Zelleib hinein feine Fäden, welche konvergierend einen Kegel „Wimperwurzelkegel" bilden. Der ellipsoidische Kern liegt in einiger Entfernung vom Kutikularsaum und steht mit dem Längsdurchmesser parallel der Längenausdehnung der Zelle. Der basale Fortsatz der kegelförmigen Flimmerzelle spitzt sich fein zu. Er kann sich in mehrere feine Fädchen spalten, welche zur Verankerung an der Unterlage dienen.

Die Wimpern bewegen sich in verschiedener Weise bei bestimmten Zellen, doch ist die Richtung des Wimperschlages stets dieselbe. An kleinen Zellen und bei schwächeren Vergrößerungen ist von den Eigentümlichkeiten der Wimperzellen nicht viel zu sehen. Erst vergleichende Untersuchungen lassen die verwickelte Struktur solcher Zellen, welche im ganzen Tierreich eine große Rolle spielen und oft die einzigen Bewegungswerkzeuge darstellen, deutlicher wahrnehmen[2]). Man vergleiche Fig. 84, von Cyclas cornea. — Wimpern können an einfachen Plattenepithelien, niedrigen und hohen Zylinderepithelien vorkommen, sei es, daß letztere einfach oder mehrfach geschichtet sind. Die Anlage des flimmernden Apparates einer Flimmerzelle sondert sich frühzeitig von dem übrigen Zellplasma ab. Die frühzeitige morphologische Abgrenzung dieser spezifischen Plasmaschicht — der Muttersubstanz des gesamten Flimmerapparates — ist ein kardinaler, auch den Pflanzen zukommender Punkt ihrer Histogenese: A. Gurwitsch, Studien über Flimmerzellen. Arch. mikr. Anat. Bd. 57, 1901. Die „Basalkörper" faßt G. nicht als kinetische Zentren, sondern als Substanzhaufen auf, welche zum Nachwuchs der Flimmerhaare dienen. — Nach den Untersuchungen von K. Peter (Anat. Anz. XV. 1898, 99) können kernlose Stücke von Flimmerzellen sich lebhaft bewegen; der Kern ist also ohne Bedeutung für das Spiel der Cilien. Da isolierte Wimperorgane ohne Plasmareste ebenfalls flimmern, so hat auch das Protoplasma keinen unmittelbaren Einfluß auf diese Bewegung. Das kinetische Zentrum der Flimmerbewegung ist vielmehr im Wimperapparat selbst gelegen und nur in den Basalkörperchen zu suchen. Damit stimmen die Befunde an Stücken von Spermien überein, welche sich nur bewegen, solange sie mit dem Mittelstück verbunden sind. Schwierigkeiten bestehen noch bezüglich der Identität von Basalkörperchen und Zentralkörperchen, auch bei den Pflanzen. (Siehe darüber bei H. Heidenhain, Plasma und Zelle Jena, 1907 auf Seite 284).

Die Übergangs-Epithelzellen stehen den Plattenepithelzellen sehr nahe. Sie kommen nur in den ableitenden Harnwegen (Nierenbecken, Ureter, Harnblase) vor. Die oberflächlich liegenden Zellen dieser Epithelform sind breit und flach, wenn die von ihnen ausgekleideten Organe gedehnt sind, dicker, wenn sie sich zusammengezogen haben. An der freien Oberfläche besitzen diese Zellen eine kutikulare Schicht, an ihrer unteren Fläche sind Vertiefungen vorhanden, in welche die Köpfe der tieferen birnförmigen oder spindelförmigen Zellen hineinragen.

Innerhalb des Verbandes der Zylinder- und Flimmer-Epithelzellen findet sich eine besondere Zellform, Schleimzellen genannt nach ihrer Funktion, Becherzellen nach ihrer Gestalt. Die Form ist abhängig von dem Gehalt an Sekret. Zellen mit wenig Sekret haben das Aussehen von Zylinderzellen; sobald der Schleim reichlicher vorhanden ist, wird die Gestalt tonnenförmig, zunächst noch schlank, bei zunehmender Schleimbildung immer bauchiger. Dabei rückt der Kern mit dem Protoplasmarest in den basalen Teil der Zelle und verändert seine Gestalt. Aus dem offenen Ende der Zelle quillt der Schleim als dichte Wolke oder Flocke hervor (Fig. 82).

---

1) Nußbaum hat zuerst (Arch. mikr. Anat. Bd. 14, 1877) die Zusammensetzung der Wimpern aus dem beweglichen freien Teil und den im Innern der Zelle befindlichen Fasern nachgewiesen sowie die Basalkörperchen abgebildet.

2) M. Nußbaum, Über die Teilbarkeit der lebenden Materie. Arch. mikr. Anat. Bd. 26, 1886. — W. Engelmann, Zur Anatomie und Physiologie der Flimmerzellen. Unters. d. physiol. Labor. zu Utrecht, Bd. VI.

Die Verbindung der Epithelzellen unter einander zu einem Epithel, d. h. einer zusammenhängenden geschlossenen Schicht, geschieht durch Kittsubstanz (Interzellularsubstanz) oder Verbindungsbrücken (Interzellularbrücken), welche von Zelle zu Zelle ziehen, oder durch beides zusammen.

In früherer Zeit kannte man nur die Kittsubstanz als Bindemittel, bis dann fast überall die Verbindung durch Interzellularbrücken nachgewiesen wurde (Kolossow). Wo und wie weit letzteres zutrifft, muß noch weiter untersucht werden. Eine besondere Art von Kittsubstanz sind die „Schlußleisten" vieler Epithelien (meist Zylinder-Epithelien der Schleimhäute, Übergangs-Epithel.) Sie verbinden die gegen die Oberfläche schauenden Enden der Epithelzellen und bilden so, von der Fläche gesehen, ein Netz, das „Schlußleistennetz". Fig. 87.

Die Interzellularbrücken kennt man seit 1863, wo sie von Schrön entdeckt,

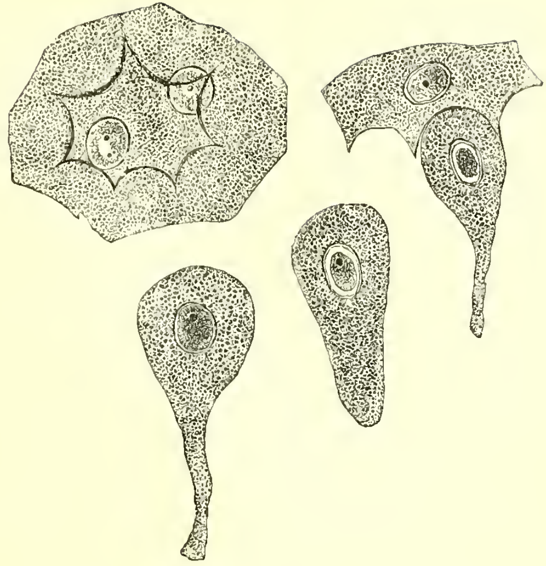


Fig. 85.

Übergangsepithelzellen aus der Harnblase des Kaninchens. 500 : 1. Links oben: breite, flache, oberflächliche Zelle mit zwei Kernen, deutlichen Kanten und Vertiefungen an der Unterfläche. Unten: zwei birnförmige Zellen der tieferen Schicht. Rechts oben: eine birnförmige Zelle, welche in einer Vertiefung der oberflächlichen Zelle steckt. (Aus Schäfer nach Klein).

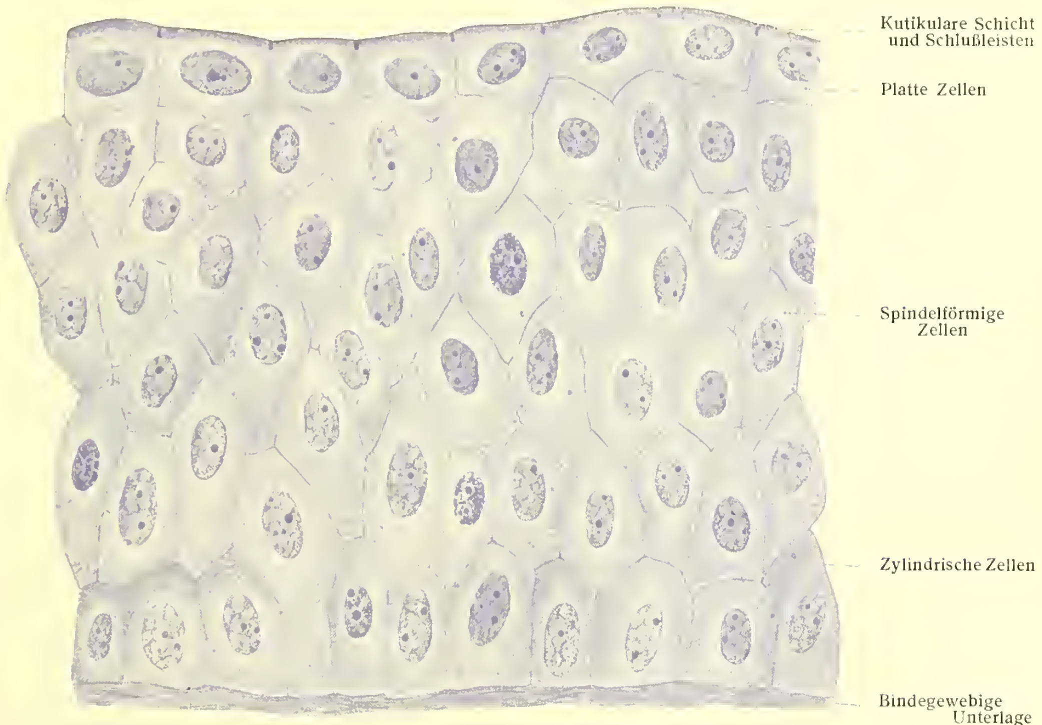


Fig. 86.

Übergangsepithel. Schnitt durch das Epithel des Nierenbeckens vom Menschen. 1000 : 1. Mittlerer Kontraktionszustand.

jedoch für Porenkanäle in den Zellmembranen gehalten wurden. M. Schultze und Bizzozero wiesen sie darauf als Zellfortsätze nach. Gegenwärtig werden sie entweder für Protoplasmafortsätze gehalten, welche von einer zur anderen Zelle sich erstrecken, oder für Fortsätze der Zellmembranen, oder selbst für beides. Die Entscheidung ist schwierig. Sind es Protoplasmafortsätze, wie es bei membranlosen Zellen wahrscheinlich ist, dann ergibt sich daraus nichts Geringeres, als daß das Protoplasma großer, über den ganzen Körper ausgebreiteter Zellenlager durch zahllose Fortsätze zusammenhängt. Schon bei Embryonen lassen sich die Fortsätze nachweisen. Sie erscheinen also frühzeitig und stellen einmal Befestigungsmittel der Zellen aneinander dar; andererseits bleiben Kanäle, Interzellularlücken, in welchen sich ein Saftstrom (interzellulare Flüssigkeit, Epithellymphe) bewegt, der für die Ernährung des Epithels von höchster Bedeutung ist. Auch die Wanderzellen benutzen diese Kanäle, um an die Oberfläche zu gelangen (vgl. Eingeweidelehre).

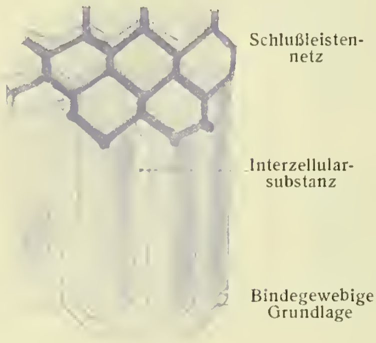


Fig. 87.
Schema des Schlußleistennetzes.
(Nach Stöhr).

Schichtung des Epithels: Wie gesagt, bilden die Epithelzellen eine zusammenhängende Decke, ein Epithel. Nach der Zahl der übereinander liegenden Zellschichten unterscheidet man

a) einfaches (einschichtiges)
b) geschichtetes (mehrschichtiges) Epithel.

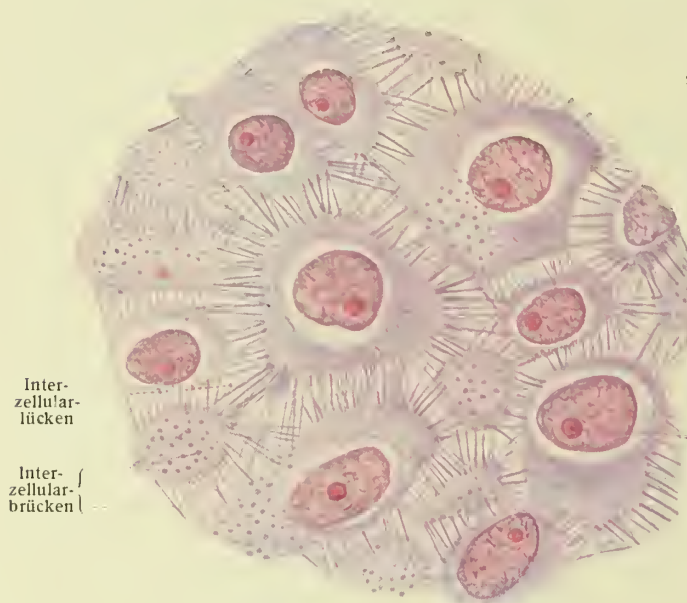


Fig. 88.



Fig. 89.

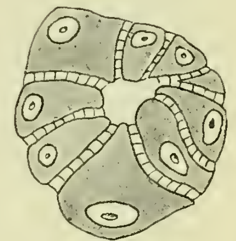


Fig. 90.

Fig. 88. **Interzellularbrücken.** Schnitt durch die Epidermis vom Menschen. 1000:1. Die Interzellularlücken sind etwas erweitert. Die Ranvierschen Knötchen der Interzellularbrücken wohl deswegen nicht vorhanden.

Fig. 89. **Stachelzellen** der Mundschleimhaut. 600:1.

Fig. 90. **Interepitheliale Zellbrücken und Interepitheliale Gänge.** Querschnitt einer Glandula gastrica der Katze. Schema. (A. Kolossow, 1898).

Diese beiden Formen könnten nun, theoretisch betrachtet, bei jeder der vier genannten Epithelzellenarten vorkommen, doch gibt es kein einschichtiges Übergangs-Epithel. Wir werden also folgende 7 Epithelarten finden können:

1. Einfaches (einschichtiges) Platten-Epithel: Pigment-Epithel der Netzhaut, respiratorisches Epithel der Lungenalveolen, Epithel des Rete testis, Pleuroperitonaeal-Epithel. Fig. 91, 92.

2. Geschichtetes (mehrschichtiges) Platten-Epithel: Epidermis, Epithel der Mundhöhle, des Oesophagus, freier Rand des wahren Stimmbandes, Vagina, Cornea. Fig. 93, 94.

Hier ist zu bemerken, daß nur die oberflächlichste Zellschicht aus platten Zellen besteht. Die unterste Zellenlage ist zylindrisch, die folgenden sind polyedrisch mit Druckstellen seitens der benachbarten Zellen versehen, die nächst der Oberfläche befindlichen sind platt, aber erst die äußersten sind dünn, schüppchenartig. Entsprechend der Zellform ändern sich auch Gestalt und Lage des Kerns. Er ist ellipsoidisch in der unteren Zylinderzellenlage, sphärisch in den mittleren Lagen, abgeplattet in den oberen Schichten.

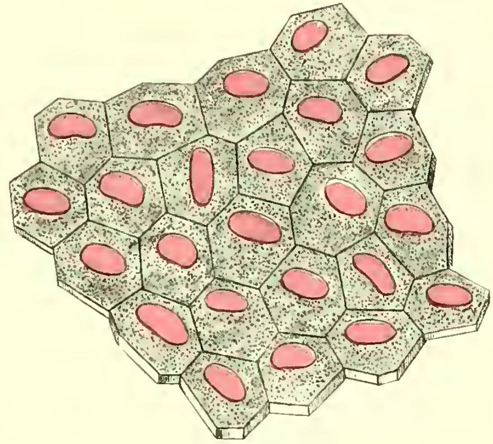


Fig. 91.
Einschichtiges Plattenepithel. Stereometrische Darstellung. (Nach Tourneux).

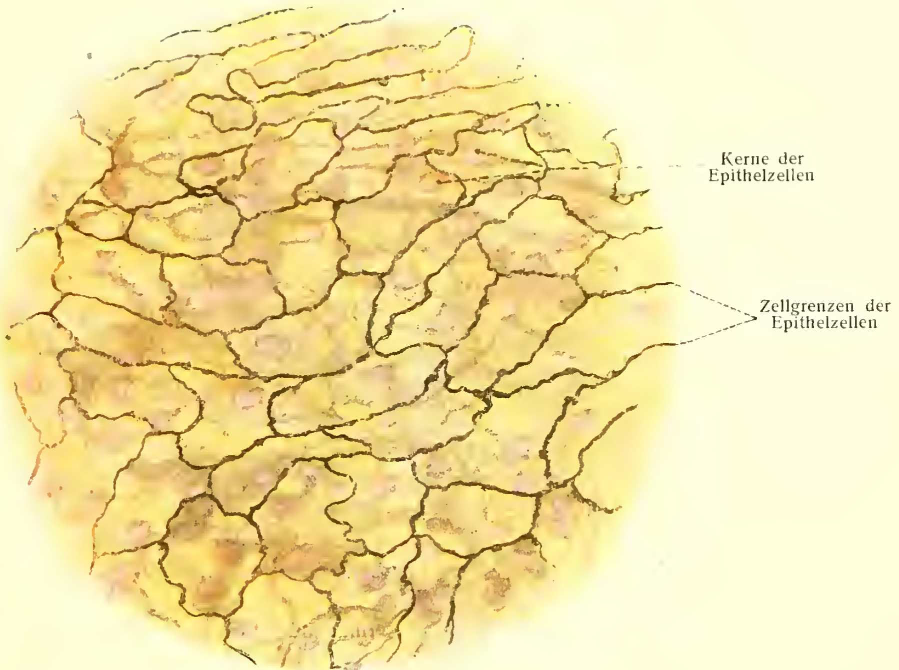


Fig. 92.
Peritonaeales Epithel vom Mesenterium des Frosches. Zellkerne rot, Zellgrenzen durch Silber gebräunt.

3. Einfaches Zylinder-Epithel: Im Darmtraktus von der Cardia bis zum Anus, in zahlreichen Drüsenausführungsgängen und Drüsen (Thyreoidea, Niere, Prostata, Vesicula seminalis), Zentralkanal des Rückenmarks, Ductus deferens.

4. Geschichtetes Zylinder-Epithel: Auf der Conjunctiva palpebrarum, in den Hauptausführungsgängen großer Drüsen, in der männlichen Harnröhre, Ductus epididymidis.

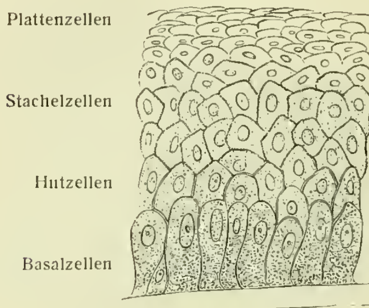


Fig. 93.

Fig. 93. **Geschichtetes Plattenepithel.** Durchschnitt durch das Epithel der Hornhaut.

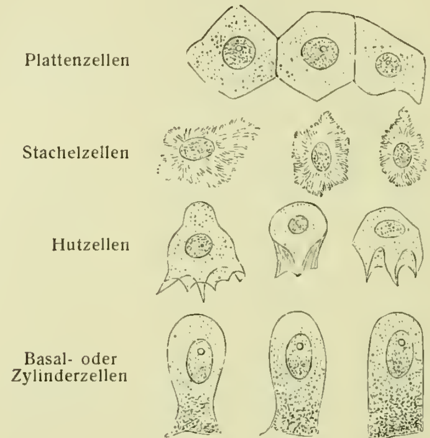


Fig. 94.

Fig. 94. **Epithelzellen der Hornhaut,** isoliert. 700:1.

5. Einfaches Flimmer-Epithel: In den kleinen Bronchien, im Eileiter, im Uterus, in den Nebenhöhlen der Nase, in den Kanälen des Nebenhodenkopfes.

6. Geschichtetes Flimmer-Epithel: Im Respirationstraktus von der Nase bis zu den kleinen Bronchien mit Ausnahme des freien Randes vom wahren Stimmband, in der Tuba auditiva (Eustachii), im Ductus nasolacrimalis.

7. Geschichtetes Übergangsepithel: Im Nierenbecken, Ureter, Harnblase.

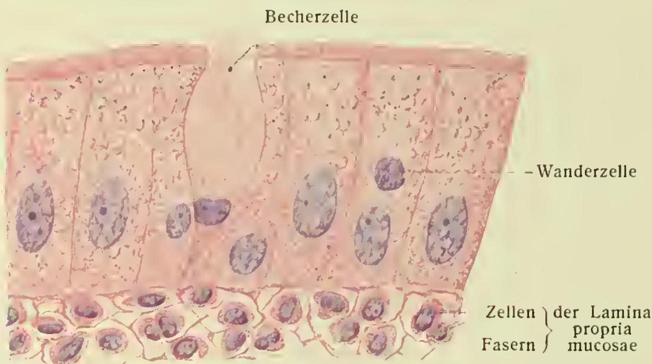


Fig. 95.

Zylinderepithel. Schnitt (Ileum, Mensch). 1000:1.

Die Entscheidung, ob ein Zylinder- oder Flimmer-Epithel als mehrschichtig zu betrachten ist, wird aus verschiedenen Gründen schwer. Zunächst kann die Mehrschichtigkeit dadurch vorgetäuscht werden, daß nur die Kerne in verschiedenen Höhen liegen, während die Zellen sämtlich mit der Unterlage in Verbindung sind. Solche Epithelien bezeichnet man auch als mehrreihig oder mehrzeilig. Beispiele sind das Flimmerepithel der Nasenhöhle und das Epithel des Ductus epididymidis.

Äußere und innere Differenzierungen an Epithelzellen sind außerordentlich mannigfaltig; sie alle erschöpfend aufzuführen würde ermüdend und wenig nützlich sein, ein kurzer Überblick mag von dem Reichtum verschiedener Formen eine gewisse Vorstellung geben.

Von äußeren Differenzierungen haben wir schon Interzellularbrücken und Flimmerhaare kennen gelernt. Außer den beweglichen Anhängen oder Kinocilien sind an der freien Oberfläche mancher Zellen starre Fädchen, Stereocilien, beschrieben worden. Eine andere Form von Anhängen sind die sekretleitenden Faden-Büschel an der Oberfläche von Zellen z. B. Ductus epididymidis.[1]

1) Fuchs, Über Beobachtungen an Sekret- und Flimmerzellen. Anat. Hefte. 25. Bd. 1904. — Braus, Sekretkanälchen und Deckleisten. Anat. Anz. XXII, 1903. — Eggeling, Über die Deck-

Fortsätze besonderer Art sind an den Zellen des Stratum pigmenti der Netzhaut vorhanden. Es sind Protoplasmafortsätze mit Pigmentkörnchen beladen, welche bei Belichtung und Verdunkelung der Zellen Wanderungen antreten (Fig. 97). Jede Zelle trägt ein ganzes Büschel solcher Fortsätze.

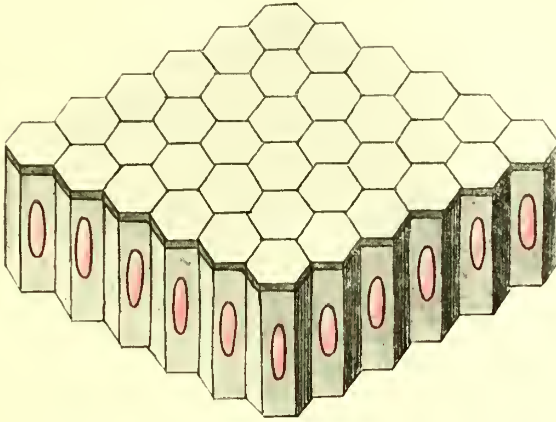


Fig. 96.
Einschichtiges Zylinderepithel. Stereometrische Darstellung. (Nach Tourneux).

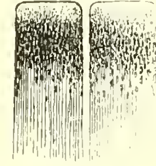


Fig. 97.
2 Zellen vom Pigmentepithel der Netzhaut des Menschen. Seitenansicht. Die obere Kuppe der Zelle ist pigmentlos, nach unten ragen die langen, wimperförmigen Fortsätze hervor. Kern ist nicht dargestellt.

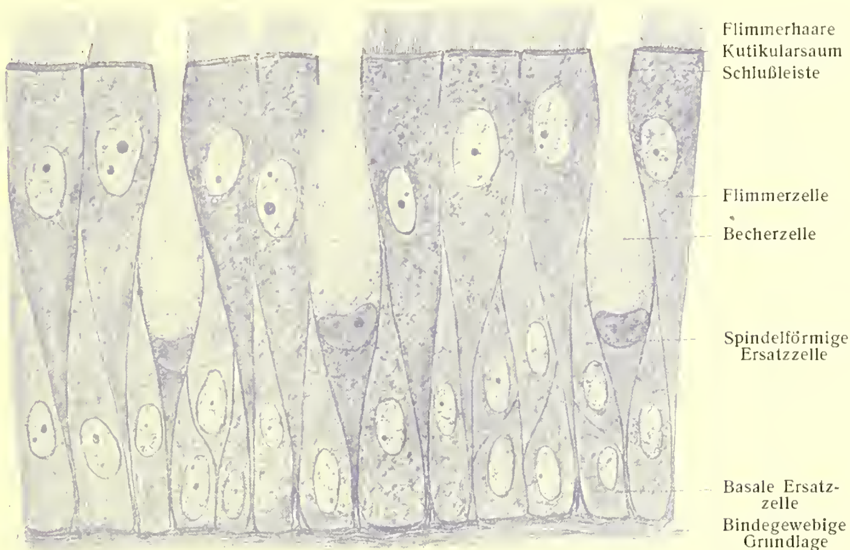


Fig. 98.
Geschichtetes (mehrzeiliges) **Flimmerepithel.** Schnitt (Nasenhöhle. Mensch). 1000 : 1.

Eigenartig gestaltet sich die freie Fläche der Darmepithelien. Der feinere Bau des am freien Ende befindlichen Stäbchensaumes oder Porensaumes ist schwer zu erkennen. Man bemerkt

zellen im Epithel von Ureter und Harnblase. Anat. Anz. XX, 1901. — Heidenhain, Über die Struktur der Darmepithelzellen. Sitz. Ber. phys. med. Ges. Würzburg 1899. — Lenhossék, Über Flimmerzellen. Verh. Anat. Ges. 1898. — Studnicka, Über Flimmer- und Cuticularzellen. Sitzber. böhm. Ges. Wiss. Prag 1899. — Zimmermann, Beiträge zur Kenntnis einiger Drüsen und Epithelien. Arch. micr. Anat. Bd. 52, 1898. Außerordentlich reichhaltige Angaben über feineren Bau der Epithelien, besonders vom Menschen.

leicht, daß dieser Saum senkrecht gestreift ist. Aber er setzt sich vielleicht aus fingerförmigen Fortsätzen des Zellprotoplasmas zusammen, die in eine besondere kutikulare Masse eintauchen (Fig. 95). Hierüber liegen ausgedehnte Untersuchungen von R. Heidenhain vor.

Eine andere Form äußerer Differenzierung stellt der sogenannte Bürstenbesatz von Epithelien dar. In den Lieberkühnschen Darmdrüsen, in den Fundusdrüsen des Magens, in den gewundenen Kanälchen der Niere findet man während der Sekretion mehr oder weniger deutliche Besätze von feinen unbeweglichen Härchen oder Stäbchen am freien Ende, die während der Ruhe verschwinden (Nußbaum, Arch. mikr. Anat. Bd. 27, 1886).

Hier würde eine große Reihe von Differenzierungen an Epithelien der Sinnesorgane sich anzuschließen haben; von diesen wird in dem Abschnitt der Sinnesorgane die Rede sein.

Innere Differenzierungen treten in verschiedenster Weise auf. Eine solche sehen wir in den Hornhaut- und Linsenepithelzellen, deren Protoplasma eine überaus klare, durchsichtige Beschaffenheit angenommen hat, wie sie sich für den Durchgang der Lichtstrahlen am besten eignet. Einen Gegensatz hierzu haben wir in den Pigmentepithelien vor uns, in deren Protoplasma zahlreiche kleine, undurchsichtige Körperchen den Durchgang des Lichtes hindern.

Wiederum eine Ausbildung klarer, durchsichtiger, aber stark abgeplatteter, kernlos gewordener epithelialer Gebilde tritt uns entgegen im respiratorischen Epithel der Lungen, neben kleinen, granulierten, kernhaltigen Epithelzellen. Wir werden diese Elemente später als Epithelium respiratorium genauer kennen lernen.

Die bacilläre Art innerer Differenzierung (Stäbchenstruktur) in den Epithelien der Alveolen der funktionierenden Milchdrüse, in den Ausführungsgängen mittleren Kalibers der Speicheldrüsen (Rauber, Pflüger), sowie in den Nierenepithelien, ist nach Mewes mitochondrialer Herkunft.

Eine interessante Form innerer Differenzierung ist die normale Verkalkung von Epithelien bei der Schmelzbildung der Zähne. Jedes lange Schmelzprisma ist der verkalkte Teil einer Epithelzelle. Diesen Kalk- oder Titano-Epithelien stehen gegenüber die Aëro-Epithelien, bei welchen Luft in die interepithelialen Labyrinthe eindringt und die Ernährungsflüssigkeit verdrängt; so bei einer Form des Ergrauens der Haare, ferner an weißen Stellen der Fingernägel. Die Luft kann von hier aus in die Zellen selbst eindringen, wie Untersuchungen an Tieren gezeigt haben (Waldeyer).

In großer Ausdehnung über den ganzen Körper hin erstreckt sich der Vorgang der Verhornung. Die Verhornung ist entweder eine die ganze Zelle betreffende, totale, wie bei dem Oberhäutchen der Haare, oder eine unvollständige, wie in der Hornschicht der Epidermis und der Nägel. Der Vorgang der Verhornung vollzieht sich im ausgebildeten Fall in der Weise, daß in gewissen Zellenlagern eine Vorstufe des Keratins, das sogenannte Keratohyalin (Waldeyer), in Körnchen auftritt, die sich in den angrenzenden Schichten verflüssigen und darauf zur Bildung der Keratinmembranen der jenseits gelegenen Kerato-Epithelien oder Hornschüppchen Veranlassung geben.

Eine andere Art der inneren Differenzierung von Epithelien ist in den Fett- oder Pio-Epithelien gegeben, wie sie in den Epithelien der Talg- und Milchdrüsen sich zeigt. Damit aber ist der Anfang gemacht zu der Untersuchung jenes Heeres von inneren Umwandlungen, welchen wir in den verschiedenen epithelialen Drüsen begegnen. Sie werden in der Lehre von den Organen später in das Auge zu fassen sein: besondere endozelluläre Organe sind die Sekretvakuolen der Drüsenzellen, der von Nußbaum entdeckte Nebenkern und die binnenzelligen Sekretkapillaren.

Ein besonderes, vielleicht allen Zellen zukommendes endozellulares Organ, über dessen Bedeutung noch nichts Sicheres gesagt werden kann, ist das „Binnennetz" (Kopsch), es ist wohl identisch mit Golgis „Apparato reticolare interno", vielleicht auch mit Holmgrens Trophospongium. Es sind netzige Bildungen im Zelleib, welche zuerst an Nervenzellen dargestellt, später aber auch in vielen Körperzellen gefunden wurden. (Genaueres siehe bei Nervengewebe).

Ein anderer spezifischer Bestandteil der tierischen Zelle sind die zuerst 1886 durch von La Valette St. George beschriebenen, dann von Benda als Mitochondrien, Fadenkörner (μίτος Faden, χόνδριον Korn) bezeichneten Körnerreihen. Sie sind von Benda außer in Hodenzellen auch in zahlreichen Körperzellen nachgewiesen und von Mewes an Hodenzellen verschiedener Tiere genauer untersucht worden. Neuerdings schlägt Mewes für Fäden und Stäbe, welche zwar mit den zur Darstellung der Mitochondrien geeigneten Methoden intensiv färbar sind, aber eine Zusammensetzung aus Einzelkörnern nicht erkennen lassen den Namen Chondriokonten vor (κοντός, Stange, Stab). Ob alle diese Bildungen (Nebenkern, Binnennetz, Mitochondrien, Trophospongien) nur verschiedene Erschei-

nungsformen desselben Zellbestandteils oder ob sie verschiedene Zellorgane sind, müssen weitere Untersuchungen zeigen[1].

Hier hat auch das Gewebe der Chorda dorsalis unter dem Namen Chorda-Epithel eine Stelle zu finden. Die Chorda zum Knorpel zu rechnen, wie es viele tun, wird erschwert durch die Berücksichtigung ihrer Entwicklung und ihrer chemischen Eigenschaften. Sie enthält weder Kollagen noch Chondrin. Dagegen ist ein ursprüngliches Chorda-Epithel vorhanden, aus dem sie sich ableitet. Von ihr ist in geweblicher Hinsicht hier nur zu sagen, daß sie aus dichtgedrängten, in späteren Stufen membranhaltigen Zellen besteht. Gewucherte Reste von ihr sind auch beim Erwachsenen noch vorhanden. Diesen werden wir in der Bänderlehre begegnen.

2. Das Bindesubstanzgewebe.

Definition: Das Bindesubstanzgewebe besteht aus Grundsubstanz, Zellen und Fasern, es stammt vom mittleren Keimblatt, bildet die Gerüst und Stützorgane des Organismus, liefert das Blut und die Lymphe.

Die in diese Gruppe gehörigen Gewebe zeigen zwar viele und bedeutende Verschiedenheiten unter sich, bilden aber durch ihren Ursprung, ihre Umbildungen, ihre vergleichend-anatomischen Merkmale und zum großen Teil auch durch ihre Funktionen ein zusammengehöriges Ganzes. Die Vereinigung der meisten dieser Gewebe zu einer besonderen Gruppe unter dem Namen Bindesubstanz geschah zuerst durch Reichert 1845. Anfänglich mit Widerstreben aufgenommen, hat sich diese Aufstellung umsomehr bewährt, je weiter seitdem die Untersuchungen vorgeschritten und im ganzen wie im einzelnen bessere Grundlagen gewonnen worden sind.



Fig. 99.
Embryonales Bindegewebe. 400 : 1.

Die Bindesubstanzen, sagt Rauber, bilden nicht bloß dem Wesen nach ein Ganzes, sondern ein auch körperlich in allen Teilen zusammenhängendes wunderbares Gerüst, welches zwischen den Gebilden des übrigen Körpers liegt und teilweise in sie eindringt. Die Durchdringung geht an manchen Orten so weit, daß Elemente der Bindesubstanz (farblose Blutkörperchen, Pigmentzellen der Bindesubstanz) von dem allgemeinen Verband sich lösen und für sich allein andere Gewebe durchdringen. So kann man sich die Bindesubstanz unter dem Bilde eines Baumes vorstellen der im Körper sich ausgebreitet hat, und in erster Linie den Körper und sich selbst stützt, aber auch zu seiner Ernährung wichtige Beiträge liefert und sogar einzelne Blätter fallen läßt zum Nutzen des Ganzen.

Die Form dieses Gesamtgerüstes ist allerdings keine streng baumförmige, sondern eine verwickeltere, wie sich des weiteren ergeben wird, wenn der Bauplan des Körpers zur Untersuchung gelangt.

Von den drei Komponenten, welche in jeder Untergruppe des Bindesubstanzgewebes vorhanden sein müssen, ist der ursprüngliche Bestandteil, von welchem die anderen abstammen, die Zelle. Sie erzeugt die Grundsubstanz und bildet die Fibrillen. — Bei jungen Embryonen findet sich zunächst als Bindegewebe oder Mesenchym ein Netzwerk von Zellen, deren Ausläufer mit einander in Verbindung stehen. Von ihnen stammen die zahlreichen Formen der Bindesubstanzgruppe ab.

Grundsubstanz ist diejenige strukturlose Masse, welche zwischen den Zellen und den Fasern sich befindet. Sie stellt somit eine Art Interzellular- und Interfibrillarsubstanz dar, und entsteht nach R. Virchow und Kölliker durch Ausscheidung von Seiten der benachbarten Zellen. Gegenüber dieser „Sekretionslehre“ tritt in letzter Zeit eine andere Anschauung („Exoplasmalehre“)

1) Von La Valette St. George. Spermatologische Beiträge. Arch. mikr. Anat. Bd. 27, 1886. — Benda, Über die Spermatogenese usw. Verh. physiol. Ges. Berlin 1897—99. — Mewes, Über den von La Valette St. George entdeckten Nebenkern (Mitochondrienkörper) der Samenzellen. Arch. mikr. Anat. Bd. 56, 1900. — Nußbaum, Über den Bau und die Tätigkeit der Drüsen. Arch. mikr. Anat. Bd. 21, 1882. — Sjövall, Über Spinalganglienzellen usw. Anat. Hefte Bd. 30, 1905. — Mewes: Über Mitochondrien bezw. Chondriokonten etc. Anat. Anz. Bd. 31. 1907.

hervor (Studnicka, M. Heidenhain[1]), nach welcher die Grundsubstanz entsteht aus der Umbildung des Exoplasma der Zellen, wozu erst später Ausscheidungen von Seiten der Zellen hinzukommen.

Über die Herkunft der Fasern siehe weiter unten S. 87, 90.

Bei der Vielgestaltigkeit der Bindesubstanzgewebe ist eine Klassifikation dringend notwendig. Durch die folgende Einteilung erleichtert Waldeyer den Studierenden die Erlernung dieses schwierigen Kapitels. Mit ihm sagen wir:

Das Bindesubstanzgewebe besteht aus Grundsubstanz, Zellen und Fasern.

I. Gruppe: enthält diejenigen Formen, in welchen die Fasern vorherrschen.

1. Gewöhnliches lockeres Bindegewebe. Als Perimysium int., Endoneurium, zwischen und im Innern drüsiger Organe, Tela subcutanea etc.
2. Geformtes (straffes) Bindegewebe. Als Sehnen, Fascien, Aponeurosen, Tunica fibrosa oculi, Albuginea etc.
3. Elastisches Gewebe. Lig. nuchae, Ligg. interarcuata, Ligg. intercostalia, in der Wand der Blutgefäße.

II. Gruppe: Enthält diejenigen Formen, in welchen die Grundsubstanz vorherrscht.

4. Knorpel-Gewebe.
   a) Hyaliner Knorpel. Als Rippen- und Gelenkknorpel, in Kehlkopf, Trachea, Nase, sowie an einigen anderen Orten.
   b) Faserknorpel. Als Fibrocartilago intervertebralis, in den Menisci und Disci articulares, Lig teres femoris, Pfannenlippen der Gelenke, in manchen Sehnen und Sehnenscheiden.
   c) Netz- oder elastischer Knorpel. Im Ohr, Epiglottis, Cart. arytaenoidea, corniculata, cuneiformis des Kehlkopfes.
5. Knochengewebe. In den Knochen des Skeletes und in einigen Sinnesorganen, in einer Reihe dem Muskelsystem näher stehender Knochen (Sesambeine, Sehnenverknöcherungen), sowie in den Zähnen als Zement- oder Knochenkruste. Endlich sind hier die Altersverknöcherungen der Kehlkopf- und Rippenknorpel zu erwähnen.
6. Zahnbeingewebe. Nur in den Zähnen.

III. Gruppe: Enthält diejenigen Formen, in welchen die Zellen vorherrschen.

7. Fettgewebe. Überall im Körper, besonders stark in Tela subcutanea, Mesenterium, Capsula adiposa renis.
8. Lymphoides (cytogenes, adenoides, retikuläres) Gewebe. In Lymphknoten, Blutgefäßdrüsen, Knochenmark, Thymus (?).
9. Pigmentiertes Bindegewebe. In Tunica vasculosa oculi.
10. Endothelgewebe. Als Auskleidung von Binnenräumen: in Blut- und Lymphgefäßen, Lymphräumen.
11. Embryonales Bindegewebe. Beim Embryo und Fetus.

Unsere Aufgabe wird es nun sein, diese Formen näher zu betrachten.

1. Das gewöhnliche (lockere) Bindegewebe besteht aus Grundsubstanz, collagenen sowie elastischen Fasern, fixen Bindegewebszellen, Wanderzellen, granulierten Zellen [Mastzellen (Ehrlich), Plasma-

---

1) Heidenhain, Plasma und Zelle. Jena. G. Fischer. — Studnicka, Exoplasma oder Metaplasma? Sitzber. Böhm. Ges. Wiss. Prag. 1907. — Derselbe, Über einige Grundsubstanzgewebe. Anat. Anz. 1907.

zellen (Waldeyer), Clasmatocyten (Ranvier)]. Dazu kommen einzelne Fettzellen und pigmentierte Bindegewebszellen.

Die Fasern anscheinend regellos durcheinander gewirrt, kreuzen sich in den verschiedensten Richtungen. Dem Aussehen nach, sowie im physikalischen und chemischen Verhalten verschieden sind zu unterscheiden

a) collagene (leimgebende) Fasern.
b) elastische Fasern.

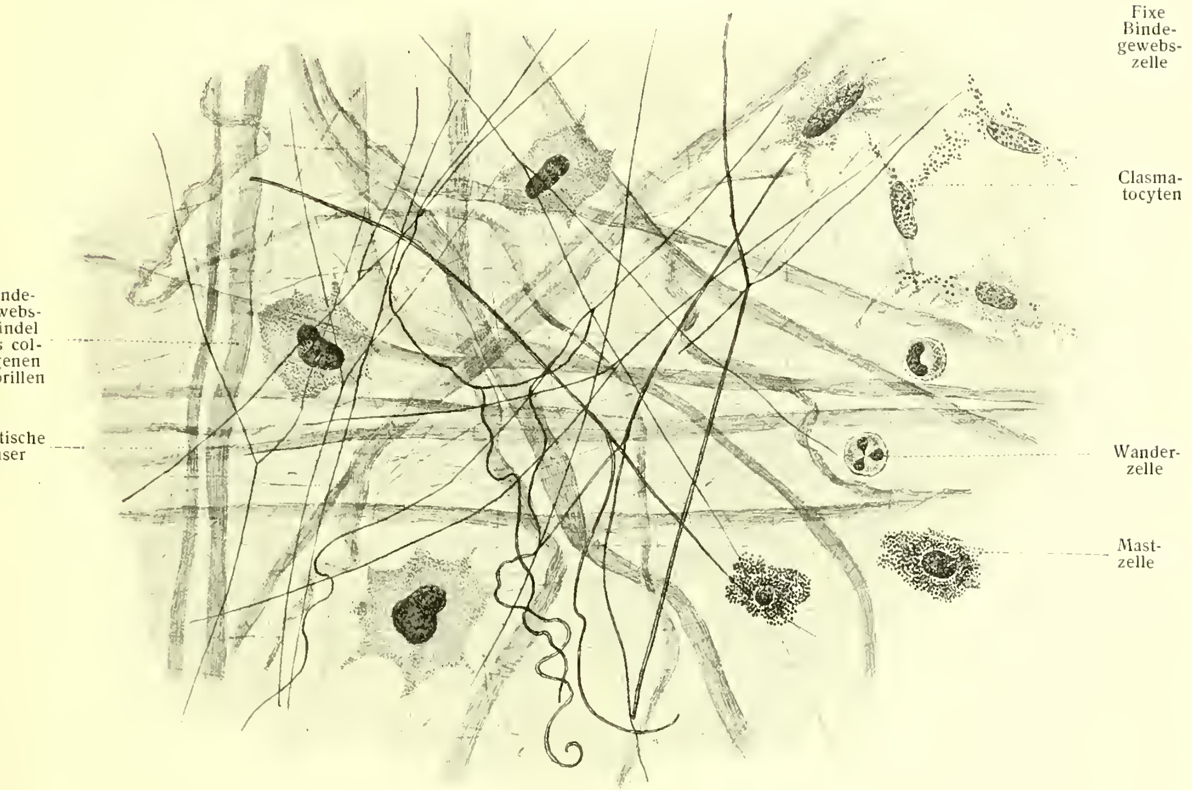


Fig. 100.
Lockeres Bindegewebe von der Ratte.

Die collagenen Bindegewebsfibrillen sind äußerst fein, von oft sehr bedeutender Länge, blasser Farbe, gleichartigem Aussehen, ohne Spur von Streifung. Sie bestehen aus Collagen, geben beim Kochen Leim (Glutin). Sie liegen entweder einzeln oder zu Bündeln von verschiedener Dicke vereinigt. Eine spärliche Menge interfibrillärer Substanz hält sie zusammen. Solche Bindegewebsbündel zeigen eine zarte Längsstreifung, besitzen eine gewisse Festigkeit und sind zwar biegsam, aber wenig dehnbar.

Die Bindegewebsbündel haben entweder die Form langer, leicht wellenförmig verlaufender Stränge von gleichbleibender Dicke und treten ohne unmittelbare Verbindung mit anderen ihrer Art zu größeren sekundären und tertiären Bündeln zusammen; oder sie verästeln sich, treten mit den Ästen anderer Bündel zusammen und geben so Veranlassung zur Bildung der zierlichsten Netze.

Verhalten gegen Reagentien: Durch die Anwendung von Kalkwasser, Barytwasser, übermangansaurem Kali, Pikrinsäure etc. kann man das Bündel in seine einzelnen Fibrillen zerlegen, indem jene Mittel das helle Bindemittel der Fibrillen auflösen. Auf Zusatz verdünnter Säuren, z. B. Essigsäure, quellen die Bündel auf und werden gallertartig durchsichtig. Sie lösen sich im Magensaft, aber nicht in Trypsin und liefern, wie schon gesagt, beim Kochen Leim

Altersveränderungen: Die collagenen Fasern jugendlicher Personen sind weniger resistent gegen die genannten Einwirkungen; mit zunehmendem Alter werden sie fester und widerstandsfähiger.

Die elastischen Fasern sind meist drehrund, manchmal auch bandartig. Sie sind in hohem Maße elastisch. Ihr Durchmesser schwankt (von Bruchteilen eines μ bis zu neun μ); sie sind netzartig verbunden, haben einen scharfen, dunklen Umriß, starken Glanz, welcher der Ausdruck des hohen Lichtbrechungsvermögens ist. Vermöge ihrer Elastizität schnurren die abgerissenen Enden (im Präparat) zusammen und bilden charakteristische gewundene Figuren (siehe Fig. 100, 101).



Fig. 101.

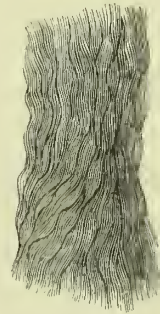


Fig. 102.

Fig. 102. **Bindegewebsfibrillen.** 350:1.

Fig. 101. **Elastische Fasern** des Menschen. *a* unverzweigte feinste und feinere; *b* Netzwerk feinerer elastischer Fasern; *c* eine verästelte dicke Faser.

Verhalten gegen Reagentien: Gegen Säuren und Alkalien sind die elastischen Fasern sehr widerstandsfähig, sie werden aber durch Trypsin allmählich völlig aufgelöst. In Wasser wird elastisches Gewebe selbst durch 60stündiges Kochen nicht gelöst. 30stündiges Kochen bei 130° im Papinschen Topf verwandelt das elastische Gewebe in eine bräunliche Masse mit besonderen chemischen Eigenschaften.

Die fixen Bindegewebszellen haben einen platten, flach ausgebreiteten Zelleib mit zackigem Umriß und plattenartigen oder flügelförmigen Fortsätzen, welche mit den Ausläufern anderer Zellen in Verbindung stehen. Ihr Protoplasma zeigt netzartige Anordnung. Die Fortsätze werden nach der Peripherie äußerst fein und dünn, so daß am Schnittpräparat der Umriß kaum bestimmbar ist.

Sie sind hoch differenzierte Zellen und erzeugen nach Maximow bei ihrer Vermehrung nur ihresgleichen, nach Veratti aber liefern sie unter gewissen Bedingungen die Plasmazellen.

Zentralkörperchen sind durch eine Anzahl Autoren, u. a. Spuler[1]), Maximow[2]) beschrieben worden.

---

1) Spuler, Beiträge zur Histologie und Histogenese der Binde- und Stützsubstanz. Anat. Hefte VII, 1897.

2) Maximow, A., Experimentelle Untersuchungen etc. Beiträge zur path. Anat. u. allgem. Path. Suppl. V, 1902. Derselbe: Über die Zellformen des lockeren Bindegewebes. Arch. mikr. Anat. Bd. 67,

Der Kern ist ziemlich groß, platt, ellipsoidisch mit zahlreichen feinen blassen Chromatinteilchen, einer deutlichen Membran und einem oder mehreren Kernkörperchen.

Die Wanderzellen (Fig. 100, 104) sind durch v. Recklinghausen im Bindegewebe zuerst gesehen worden. Gestalt und Aussehen dieser Zellen sind verschieden. Neben kleinen, kugelrunden Zellen mit spärlichem Protoplasma, deren kugeliger Kern das dichte Gefüge der Lymphocyten des Blutes zeigt, gibt es größere Formen mit stärker ausgebildetem Zelleib, welche vielleicht weitere Entwicklungsstufen dieser kleinen Wanderzellen sind. Sie zeigen amoeboide Bewegung, ihr Kern ist sphärisch, hufeisenförmig oder gelappt.



Fig. 103.
Lockeres Bindegewebe von der Katze. (Maximow). Supravitale Färbung mit Neutralrot.

Die Gruppe der granulierten Zellen umfaßt drei verschiedene Formen,

1. Mastzellen (Ehrlich),
2. Plasmazellen (Waldeyer),
3. Clasmatocyten (Ranvier).

Sie sollen nach einigen Autoren von den farblosen Blutkörperchen stammen. Ihnen allen ist gemeinsam, daß der Zelleib eine Menge feiner oder gröberer Körnchen (Granula) enthält.

Die Mastzellen (Fig. 100, 103) sind plumpe große Zellen. Die großen runden (wasserlöslichen) Granula erfüllen den Zelleib vollständig, so daß der Kern oftmals voll-

1906. — Ehrlich u. Lazarus, Die Anämie. Wien 1898. — Waldeyer, W., Über Bindegewebszellen. Arch. mikr. Anat. XI. — Ranvier, Des clasmatocytes. Arch. d'anat. microscop. III, 1900. — Veratti, Ricerche sulla origine delle „Plasmazellen". Pavia 1905.

kommen verdeckt wird, sie färben sich (metachromatisch) mit basischen Anilinfarben. Diese Zellart kommt in der Nähe von Blutgefäßen und von Epithellagern, ebenso im jungen lockeren Bindegewebe vor. Auch in Hungerzuständen bleiben sie erhalten und bewahren ihre Eigenschaften, indem sie z. B. bei Fledermäusen vor und nach dem Winterschlaf ungefähr gleich zahlreich vorhanden und gleich beschaffen sind (Ballowitz). Von dem allgemein oder lokal gesteigerten Ernährungszustand des Tieres können sie daher nicht abhängig sein, wie Ehrlich annahm. Ihr Name paßt daher mehr für ihre eigene Fülle, während ihre Bedeutung noch ungewiß ist.[1])

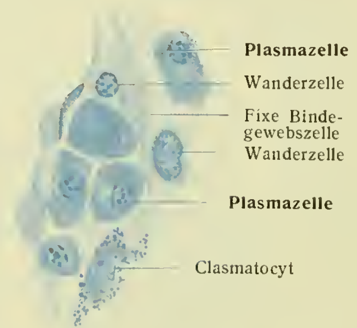


Fig. 104.



Fig. 105.

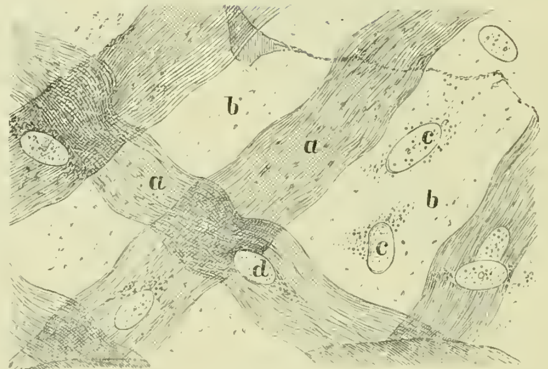


Fig. 106.

Fig. 104. **Plasmazellen** aus dem Netz des Kaninchens. (Maximow).

Fig. 105. **Entstehung von Bindegewebsfibrillen.** Bindegewebszelle in Teilung begriffen. Zellkörper kontrahiert, Fibrillen darin deshalb in geschlängelten Lagen. Körnchen um die Kernfigur. (W. Flemming, 1897).

Fig. 106. **Bindegewebshäutchen** aus dem Unterhautzellgewebe. (Nach A. Key und G. Retzius). ca. 750:1. *a, a* Fibrillenbänder; *b, b* Stellen, an denen die Häutchenzellenschichten miteinander verknüpft sind; *c, c* Kerne der letzteren; *d* Kern der Häutchenzellen auf einem Fibrillenbande aufliegend.

Die Plasmazellen sind rundliche, ovale, spindelförmige, oder mehrere Ausläufer treibende Zellen. Ihr Protoplasma färbt sich mit basischen Anilinfarben dunkel, zeigt aber keine deutliche Körnung. Sie kommen hauptsächlich in der Umgebung der Blutgefäße vor. Der Kern ist sphärisch mit einzelnen groben Chromatinkörnern an der Membran (Radkern von Unna). Fig. 104.

---

1) Über die Mastzellengranula siehe Schaffer. Verh. morph.-phys. Ges. Wien. In: Zentralbl. Physiol. Bd. 21, und Weidenreich: Zur Kenntnis der Zellen mit basophilen Granulationen im Blut u. Bindegewebe. Folia haematologica 5. Bd. 1908.

Die Clasmatocyten haben einen großen, meist spindelförmigen, weit ausgedehnten granulierten Zellkörper. Die Eigentümlichkeit, welcher sie ihren Namen verdanken, besteht darin, daß sich Teile ihres Protoplasmakörpers abschnüren, und rasch zerfallen, während sich der Zelleib wieder regeneriert. Ranvier hält dies für eine sekretorische Erscheinung. Fig. 100, 103, 104.

Zu erwähnen ist noch, daß im lockeren Bindegewebe auch Fettzellen und pigmentierte Bindegewebszellen vorkommen können. Über deren Bau s. weiter unten.

Die Bildung der collagenen Fasern geht aus von den fixen Bindegewebszellen, welche darum als Inoblasten oder Fibroblasten bezeichnet werden. Über den Ort ihrer Entstehung bestehen zwei Anschauungen. Nach Flemming, Spuler, Retterer, Maximow entstehen sie im Innern der Zellen, nach Kölliker und Merkel differenzieren sie sich aus einer homogenen Grundsubstanz zwischen den Zellen. Nach neueren Untersuchungen treten die Fäserchen auf innerhalb der peripherischen, hellen, homogenen Schicht (im Exoplasma) des Zelleibes und zwar gleichzeitig über ganze Reihen von Zellen hinweg. Später trennen sie sich von ihrem Mutterboden und können vielleicht selbständig weiterwachsen. Treten am bestimmten Ort mächtige Lager fibrillogener Zellen in Tätigkeit, so werden, wenn jede einzelne ein hohes Maß von Tätigkeit entwickelt, daraus gewaltige Organe von fibrillärer Bindesubstanz hervorgehen, und zwar derart, daß die Gliederung in Fibrillenbündel primärer, sekundärer und tertiärer Art immer sichtbar bleibt. Im entgegengesetzten Fall, wenn wenige, zerstreute, fibrillogene Zellen eine geringe Tätigkeit entfalten, werden nur feine Häute oder dünne, zarte Spangen daraus hervorgehen.

Nach beendeter Fibrillenbildung werden die Zellen je nach Form und Zusammensetzung des fertigen, bindegewebigen Organs verschiedene Formen annehmen müssen, wie sie ihnen von der Umgebung aufgeprägt werden.

So begegnen wir spindel- und sternförmigen, netzförmig sich vereinigenden Elementen, epithelähnlich aneinander gereihten platten Zellen (endotheloide Zellen), welche die primären Fibrillenbündel einscheiden. Die endotheloiden Zellen können, wenn sie mehreren Bündeln zugleich anliegen, die sonderbarsten Formen annehmen, zu sogenannten Flügel- und Schaufelradzellen sich gestalten. Die Protoplasmareste ziehen sich dabei auf den Kern zurück, während die Seitenteile in hellere Platten umgewandelt werden.

Wird ein von endotheloiden Zellen umscheidetes Fibrillenbündel mit Essigsäure behandelt, so quillt die Fibrillenmasse stark auf, während die Umscheidung ein wechselnd großes Hindernis entgegenstellt. An gewissen Stellen treten daher Ausbuchtungen, an anderen Einschnürungen hervor, deren Lage stärkeren Zellausläufern entspricht (Fig. 108), sogenannte umspinnende, besser umsponnene Fasern genannt.

2. Im geformten (straffen) Bindegewebe sind fast ausschließlich collagene Fibrillen und besonders gestaltete Zellen nebst spärlicher Grundsubstanz vorhanden. Die Fibrillen sind parallel nebeneinander angeordnet und durch eine geringe Menge interfibrillärer Substanz untereinander verbunden, dicke Faserzüge bildend. Die Faserzüge sind einander parallel angeordnet in den Sehnen, in größeren Massen einander kreuzend in den Fascien sowie in der Hornhaut, mit feinerer Durchflechtung in der Lederhaut und in der Sklera des Auges. Von Zellen sind fast nur fixe Bindegewebszellen von besonderer, für die einzelnen Organe charakteristischer Form und in regelmäßiger Verteilung vorhanden. (Flügelzellen der Sehnen, Hornhautkörperchen der Hornhaut.) Die Flügelzellen (Ranvier) sind prismatische Zellen, mit drei oder mehr flächenhaft ausgebreiteten Fortsätzen versehen, welche unter verschiedenen Winkeln vom Zelleib abgehen und die benachbarten Faserbündel umfassen. (Fig. 107.) Bei der Seitenansicht sind die in der Ebene des Gesichtsfeldes liegenden Flügel als dünne Platten zu sehen, dagegen erscheinen die zum Beschauer hingekehrten oder abgewendeten Flügel als dunklere Linien, welche über die Zelle hinwegziehen. (Fig. 110.) Der Kern ist ellipsoidisch. Die Zellen der Hornhaut sind platte, in einer Ebene aus-

gebreitete Elemente. Von dem Reichtum ihrer Verästelung geben die Figg. 111, 112 nach Originalen von H. Virchow ein ausgezeichnetes Bild.

Genauere Angaben über die Anordnung der Fasern und Zellen zu einander finden sich bei den einzelnen Organen (s. Sehne, Hornhaut, Lederhaut).

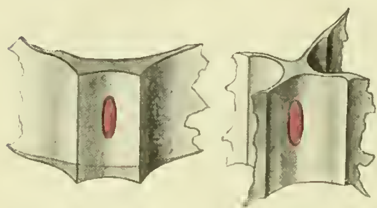
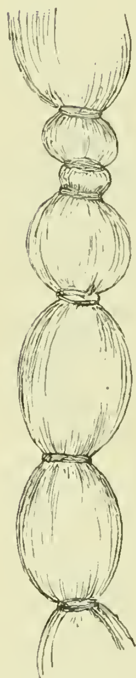


Fig. 107.





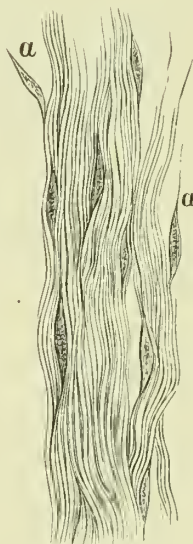


Fig. 108. Fig. 109. Fig. 110.

Fig. 107. **Plastische Darstellung von Sehnenzellen.** (Nach Tourneux).

Fig. 108. **Umsponnene Faser.** Arachnoidea des Menschen. Mit Essigsäure behandelt. (Nach Toldt.)

Fig. 109. **Bindegewebsfibrillen** aus einer Sehne. (Nach Rollett). ca. 500:1. *a, a* scheinbare Spindelzellen.

Fig. 110. **Reihen von Sehnenzellen** aus dem Rattenschwanz.

3. Das elastische Gewebe besteht zum größten Teil aus elastischen Fasern bezw. elastischen Netzen, oder Platten, wenig Grundsubstanz, collagenen Fasern und Zellen. Es bildet besondere elastische Organe. In ihnen sind die ebenfalls netzförmig verbundenen elastischen Fasern viel dicker als z. B. im lockeren Bindegewebe. Als Beispiel sei ein Querschnitt vom

Nackenband dargestellt. (Fig. 113.) Hier sind die dicken in der Längsrichtung des Organs verlaufenden elastischen Fasern zusammengehalten durch lockeres Bindegewebe, welches aus collagenen Fasern, Grundsubstanz, Zellen besteht.

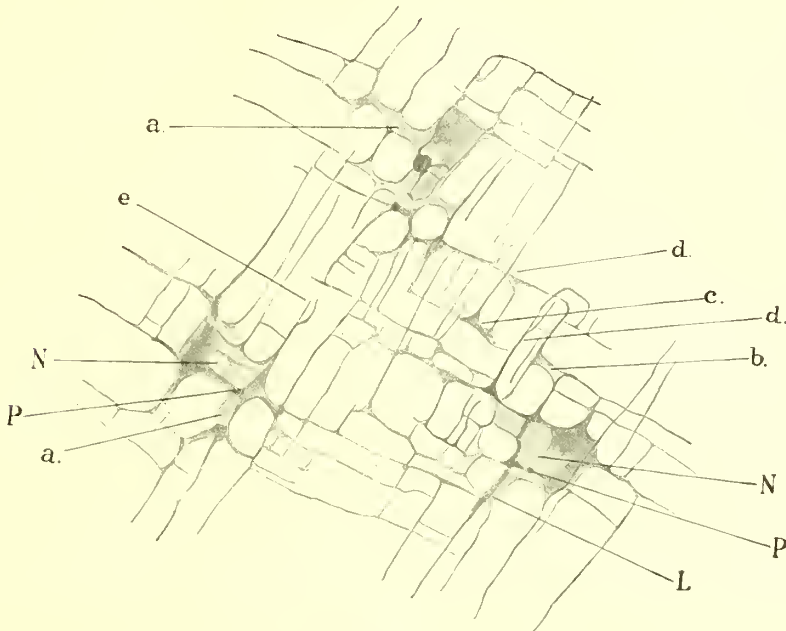


Fig. 111.

Fixe Bindegewebszellen aus der Hornhaut der Taube. Hornhautkörperchen. (Nach H. Virchow). L = Protoplasmaleiste; N = Kern; P = Protoplasma; *a, b, c, d, e* Ausläufer 1., 2., 3., 4., 5. Ordnung.

In anderer Form tritt das elastische Gewebe auf zwischen den glatten Muskelfasern der Blutgefäße und im sogenannten elastischen Knorpel. Hier entstehen durch Verschmelzung von dichten elastischen Netzen, ausgedehnte Platten und Membranen, welche seit Henle als gefensterte Häute bekannt sind. Fig. 114—116.

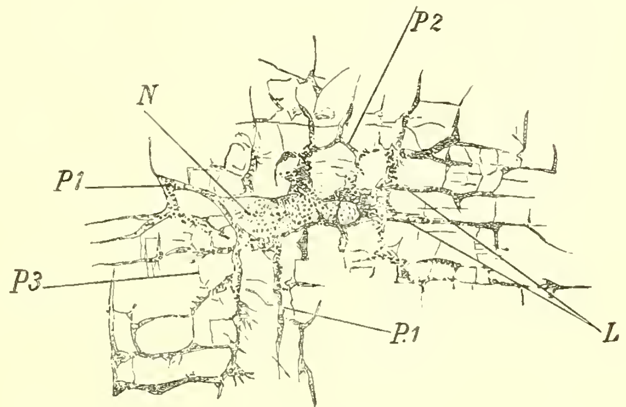


Fig. 112.

Fixe Bindegewebszelle aus der Hornhaut vom Frosch. Hornhautkörperchen. (Nach H. Virchow). N = Kern; L = Protoplasmaleisten; *P1, P2, P3* = Ausläufer 1., 2., 3. Ordnung.

Der feinere Bau der elastischen Faser ist schwer zu ergründen. Es ist sogar noch unsicher, ob eine erkennbare feinere Struktur vorhanden ist. Indessen deuten Ergebnisse verschiedener Eingriffe, welchen man das elastische Gewebe unterwirft, auf gewisse Struktureigentümlichkeiten hin. Nach Ranvier ist die elastische Faser aus kleinen, kugeligen oder linsenförmigen Körperchen zusammengesetzt, welche sich bei der Entstehung der Fasern reihenweis aneinanderlegen. Nach einer anderen Anschauung wird eine innere, weniger feste Substanz von einer äußeren, widerstandsfähigeren umschlossen; beide werden von einer feinen Scheide umgeben, der Schwalbeschen Scheide. Möglicherweise ist selbst eine mehrfache konzentrische Schichtung

vorhanden, doch in der Art, daß eine und dieselbe Substanz, das Elastin, dieselbe hervorbringt. Durch gewisse Eingriffe tritt in der elastischen Faser eine quere Zerklüftung auf, so bei der Fäulnis.

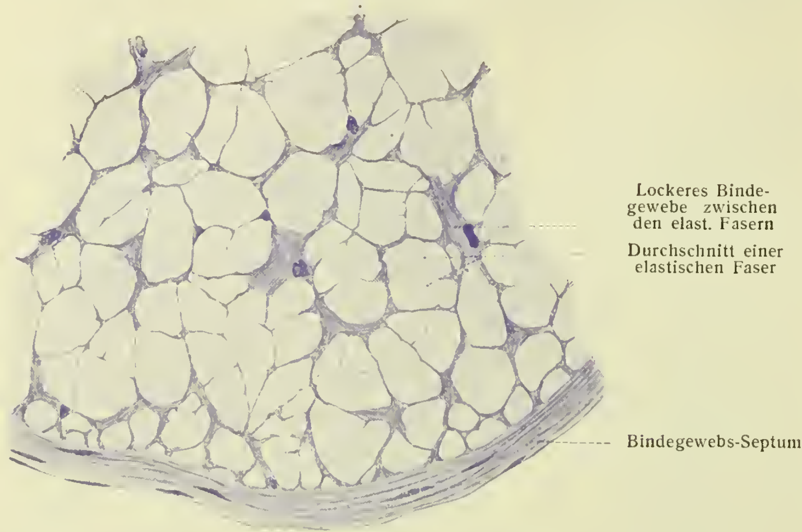


Fig. 113.

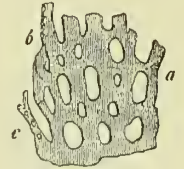


Fig. 114.



Fig. 115.

Fig. 113. Querschnitt durch das **Nackenband** (Lig. nuchae) vom Rind.

Fig. 114, 115. **Elastische Häute** aus der mittleren und äußeren Gefäßhaut der Aorta. 114 eine elastische Membran des Ochsen von zahlreichen Löchern *(a)* durchbrochen mit dazwischen befindlichen Balken *(b, c)*. 115 ein Netz sehr breiter elastischer Fasern des Walfisches, welche teilweise fein durchlöchert sind.

Was die Entstehung der elastischen Fasern betrifft, so liegt ihre Muttersubstanz in der Nähe derjenigen des Bindegewebes. Sie gehen weder aus Kernen, noch unmittelbar aus dem Protoplasma junger Bindegewebszellen hervor, sondern aus einer besonderen Umwandlung der vom Protoplasma erzeugten fibrillogenen Substanz. Die Ausbildung elastischer Fasern inmitten der Bindegewebsfibrillenlager kann aber so sehr in den Vordergrund treten, daß die Bindegewebsbildung ganz in den Hintergrund tritt.



Fig. 116.

Elastische Platte aus dem Ohrknorpel des Pferdes. 400:1.

Man erkennt dies deutlich bei der Untersuchung sich entwickelnder elastischer Organe (Kölliker). Sie bestehen anfänglich, wie bindegewebige Teile, aus rundlichen Zellen, die alsbald eine Zwischensubstanz abscheiden. Aus dieser sondern sich zunächst Bindegewebsfibrillen, während die Zellen spindelförmig werden. Darauf beginnt zwischen den Bindegewebsfibrillen das Auftreten feiner elastischer Fasern, welche der Kalilösung Widerstand leisten. Eine Zeitlang wachsen alle drei Elemente gleichmäßig fort, dann aber tritt das Wachstum der elastischen Fasern in den Vordergrund, während die vorhandenen Bindegewebsfibrillen und Zellen nach und nach den geringeren, zuletzt unscheinbaren Teil der ganzen Anlage bilden. Die fertigen elastischen Bänder enthalten noch immer die kernhaltigen Reste der Bildungszellen.

Nicht mit Unrecht verwirft vom physikalischen Standpunkt aus H. Triepel den Namen elastisches Gewebe für die betreffende Gruppe der Bindesubstanzen und will den Namen durch gelbes Bindegewebe ersetzt wissen, wie es die Engländer tuen (yellow tissue).

N. Melnikow-Raswedenkow, Histologische Studien über das elastische Gewebe. Jena 1900. — H. Triepel, Die Elastizität des gelben Bindegewebes (= elastischen Gewebes) und der quergestreiften Muskulatur. Anat. Hefte, Nr. 45, 1900. — H. Triepel, Über die elastischen Eigenschaften des elastischen Bindegewebes, des fibrillären Bindegewebes und der glatten Muskulatur. Wiesbaden 1897.

4. Das Knorpelgewebe ist ausgezeichnet durch die reichlich vorhandene Grundsubstanz, welche durchsichtig, (anscheinend) homogen ist und beim Kochen Chondrin (Johannes Müller)[1]) liefert. In ihr liegen die collagenen und die elastischen Fasern, sowie die charakteristischen Knorpelzellen.

Entsprechend dem Vorherrschen der genannten Bestandteile unterscheidet man drei Hauptgruppen:

a) Hyaliner Knorpel,
b) Faserknorpel (auch Bindegewebsknorpel genannt)
c) Netzknorpel (oder elastischer Knorpel).

Dazu kann man noch anhangsweise d) den Zellenknorpel und e) den verkalkten Knorpel rechnen.

Vom verkalkten Knorpel abgesehen sind Knorpel feste, elastische, bläuliche, milchweiße oder gelbliche Körper, welche besonders im fetalen Organismus, aber auch noch beim Erwachsenen sehr bedeutende Aufgaben leisten, entsprechend ihren Elastizitäts- und Festigkeitsverhältnissen sowie der glatten Beschaffenheit ihrer freien Oberfläche.

Nach der Lebensdauer des Gewebes unterscheidet man transitorischen und permanenten Knorpel.

In früher Fetalzeit nämlich zieht sich in weiter Verbreitung durch den Körper ein zierlich beschaffenes Knorpelskelet. Von einer bestimmten Entwicklungsstufe an wird es durch ein neu andrängendes Material, das sich ausbildende Knochenskelet, zum großen Teil verdrängt, während die übrigbleibenden Knorpelteile weiterwachsen. Der bleibende Teil des ursprünglichen Knorpelskelets stellt den permanenten, der schwindende den transitorischen Knorpel dar.

Nach dem Vorkommen im erwachsenen Körper unterscheidet die Anatomie ferner Gelenkknorpel, welche die Gelenkenden der Knochen überziehen, und spangen- oder membranartige Knorpel, welche die Wände von Höhlen und Röhren verstärken und ihnen doch zugleich eine gewiße Elastizität verleihen.

Bei vielen Wirbeltieren ist Knorpelgewebe ungleich weiter verbreitet als beim Menschen; besonders bei nackten Amphibien und Knorpelfischen, während es bei Wirbellosen seltener zur Ausbildung gelangt, obwohl auch hier selbst echtes hyalines Knorpelgewebe nicht fehlt.

Knorpel widersteht lange der Fäulnis. Längere Zeit im toten Körper liegend, rötet er sich durch Imbibition mit Blutfarbstoff. Getrocknet gewinnt der Knorpel ein fast bernsteinartiges Aussehen.

a) Der hyaline Knorpel besitzt eine glasartig durchsichtige, anscheinend gleichartige (homogene) Grundsubstanz. In ihr liegen die Knorpelzellen als große rundliche oder polygonale zarte Gebilde, welche in Gruppen von zweien und mehreren zusammenliegen. Ihr Protoplasma ist feinkörnig, kann Fettröpfchen und Glykogen enthalten. Der Kern ist kugelig mit feinem Kerngerüst. Der Zelleib ist außerordentlich empfindlich gegen Reagentien. Er schrumpft bei ungeeigneter Behandlung zu einem zackigen Klümpchen zusammen, während im lebenden und überlebenden Gewebe die Zelle den für sie ausgesparten glattwandigen Raum, die „Knorpelhöhle“ ganz ausfüllt. Die innere Wand der Knorpelhöhle besteht aus einer von der übrigen Grundsubstanz chemisch etwas verschiedenen und widerstandsfähigeren Masse, welche Knorpelkapsel heißt.

Sehr häufig zeigen die Zellen Eigentümlichkeiten der Lagerung. Nicht selten sieht man zwei Zellen in einer Knorpelkapsel; in anderen Fällen liegt eine dünne

---

1) Das Chondrin, der „Knorpelleim“, ist, wie Morochowitz gezeigt und Krukenberg bestätigt hat, ein Gemenge von Collagen und Mucin. Nach Mörner enthält der Knorpel Collagen, Chondromucoid, Chondroitinschwefelsäure und (bei altem Knorpel) noch ein Albumoid. Der Wassergehalt beträgt 54—70 %.

hyaline Scheidewand zwischen zwei solchen Zellen. Erfolgen rasche Zellteilungen, ohne Scheidewandbildung, so können ganze Gruppen von Zellen von einer einzigen Knorpelkapsel umschlossen sein. Fig. 117, 118.

Die anscheinend gleichartige Grundsubstanz hat große Neigung, Farbstoffe (Haematoxylin, Bismarckbraun, Thionin) festzuhalten; sie besteht zum großen Teil aus feinen Fibrillen. Durch Behandlung mit Kaliumhypermanganat, Kochsalzlösung, Trypsinverdauung läßt sich diese Zusammensetzung zeigen. Die Fibrillen liegen in Bündeln zusammen, welche parallelen Verlauf haben, sich in verschiedenen Lagen durchkreuzen oder durchflechten. Sie scheinen auch die Substanz der Knorpelkapseln zu durchziehen.

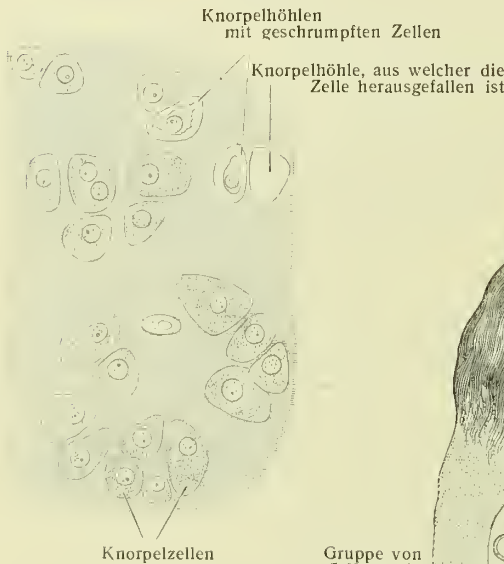


Fig. 117.

Hyaliner Knorpel. Schnitt durch frischen Gelenkknorpel v. Frosch. Die helle Lücke mit den kleinen Körnchen in der Mitte des Bildes stellt einen Teil einer Knorpelhöhle mit Rudimenten der durch den Schnitt zerstörten Zelle dar. 350:1. (Aus Schiefferdecker und Kossel, Gewebelehre).

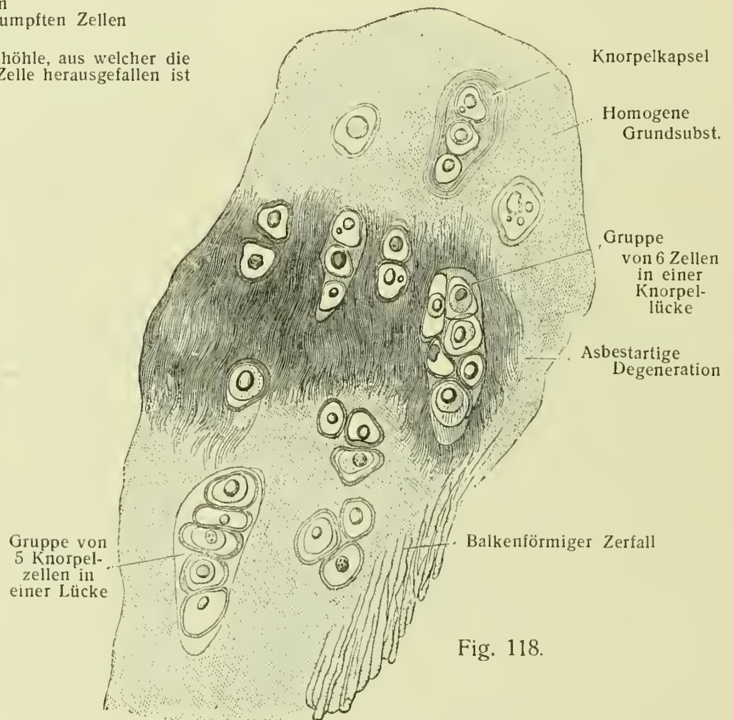


Fig. 118.

Fig. 118. Querschnitt vom **Rippenknorpel** eines älteren Mannes.

Im Innern der Rippenknorpel älterer Personen, aber auch an Gelenkknorpel und Synchondrosen tritt als Altersveränderung eine Zerfaserung der Grundsubstanz auf, welche makroskopisch durch ein asbestartiges Aussehen kenntlich ist, „asbestartige Degeneration". In den Zellen älterer Personen nimmt der Gehalt an Fett zu.

Der Knorpel enthält anfänglich keine, sein Inneres durchziehende Blutgefäße; was ihm von solchen zukommt, sind die Gefäße einer Bindegewebshaut, die seine Außenfläche überkleidet, die Gefäße des Perichondriums. Später allerdings, wenn er mächtiger wird, schickt das Perichondrium in den Knorpel eindringende Gefäße ab. Beim erwachsenen Knorpel wieder werden in der Regel keine Gefäße mehr gefunden. Die oft tiefliegenden Knorpelzellen bedürfen aber der Ernährung. Gibt es vielleicht besondere Saftbahnen innerhalb der Grundsubstanz? Man hat vielfach darnach gesucht, aber noch wenig sicheres zu ermitteln vermocht. Durch gewisse Färbungsmethoden treten indessen so prachtvolle Netze in der Grundsubstanz zu Tage, als deren Knotenpunkte die Knorpelkapseln erscheinen, daß man versucht sein kann, in ihnen eine Differenzierung der Grundsubstanz vor sich zu haben, die zu dem Saftstrom in Beziehung steht (Schiefferdecker).

Die Verkalkung des Knorpels beruht darauf, daß zuerst im Gebiet der Knorpelkapseln kohlensaurer Kalk in Form kleiner Körnchen abgelagert wird, so daß die Zelle von dieser Ablagerung ganz eingehüllt erscheint. Später dringt der Vorgang in die übrigen Gebiete der Zwischensubstanz vor.

Wahre Knochenbildung in den Kehlkopf- und Trachealknorpeln, mit Verdrängung des Knorpelgewebes, ist ein häufiges Vorkommnis und pflegt nach Chievietz schon mit dem 20. bis 22. Lebensjahre zu beginnen, so daß man geneigt sein kann, hierin etwas Normales zu erblicken.

Die Entwicklung des Knorpels geht in der Weise vor sich, daß junge indifferente Bindegewebszellen sich vergrößern und Knorpelkapseln bilden, wobei die vorhandene Interzellularsubstanz sich allmählich verwandelt in Knorpel-Grundsubstanz. Hat diese Stufe Dauer, so ist der bleibende Zellenknorpel gegeben. Geht eine Ausscheidung von Interkapsularsubstanz vor sich, welche in ihren Eigenschaften mit den Knorpelkapseln übereinstimmt und diese alle untereinander verbindet, so ist die Grundlage des Gewebes bereits erreicht.

Es gibt aber auch eine indirekte Art der Knorpelentstehung (Kölliker, Hasse, Schwalbe). Diese geht von einem schon fertigen Gewebe aus, und zwar vom Perichondrium, oder vom kleinzelligen Bindegewebe.

Das weitere Wachstum des einmal angelegten Knorpels geschieht teilweise auf interstitiellem, teilweise auf appositionellem Wege. Letzteres geschieht in der Weise, daß die tieferen Lagen des Perichondriums sich in Knorpelgewebe umwandeln und so den Knorpel verdicken.

Substanzverluste von Knorpel werden bei Warmblütern nur langsam, und wenn sie größer sind, nur unvollkommen ersetzt. Die Regeneration geht dabei vom Perichondrium aus (Peyrand, Schwalbe).

Hyaliner Knorpel findet sich, abgesehen von den weiter oben genannten Orten, noch bei allen Symphysen und Synchondrosen unmittelbar am Knochen; sodann an einigen anderen Knochenstellen (Sulcus ossis cuboidei, Sulcus hamuli pterygoidei, Incisura ischiadica minor, Calcaneus-Insertion der Achillessehne).

Verkalkter Knorpel findet sich beim Menschen besonders an den Gelenkknorpeln, zwischen dem hyalin bleibenden Teil und dem anstoßenden Knochen.

b) Der Faserknorpel besteht zum größten Teil aus Bündeln collagener Fibrillen, welche durch wenig Grundsubstanz mit einander verbunden sind, und in verschiedener Richtung einander durchkreuzen. Zwischen ihnen liegen einzeln oder in Gruppen Knorpelzellen, jede von einer geringen Menge Knorpelgrundsubstanz umgeben. Fig. 119.

c) Der elastische Knorpel kann angesehen werden als ein hyaliner Knorpel, dessen Grundsubstanz ein dichtes Netzwerk elastischer Fasern und elastischer Platten enthält. Nach der Oberfläche zu wird das elastische Gewebe spärlicher; es steht in direkter Verbindung mit den elastischen Fasern des Perichondriums. Fig. 120.

Der Zellknorpel (beim erwachsenen Menschen nicht vorkommend) besteht aus Knorpelzellen und Kapseln nebst wenig Grundsubstanz[1]). Hierher gehören viele fetale Knorpel von Wirbeltieren, die Knorpel des äußeren Ohres mancher Säugetiere, teilweise die Knorpel der Kiemenblättchen mancher Fische etc. Nach dem Vorgang von Kölliker rechnen viele hierher auch das Gewebe der Chorda dorsalis, obwohl einerseits die Verschiedenheit ihres Ursprunges, andererseits ihre chemische Beschaffenheit die Berechtigung zweifelhaft macht. Letzteren beiden Gesichtspunkten entsprechend, würde das Chordagewebe eine besondere Gruppe des epithelialen Gewebes darstellen, wie es oben bereits durchzuführen versucht worden ist. S. 81.

Sacerdotti, C., Sur la graisse du cartilage. Arch. italiennes de Biol. XXXII, 1899. — A. Moll, Zur Histochemie des Knorpels. Arch. mikr. Anat. Bd. 58, 1901.

5. Das Knochengewebe besteht aus verkalkter Grundsubstanz, unverkalkten(?) collagenen Fibrillen und reich verästelten mit einander anastomosierenden Zellen, den Knochenzellen.

Die Knochenzellen, Virchow'sche Knochenzellen, ihrem Entdecker zu Ehren genannt, liegen innerhalb der Grundsubstanz in Hohlräumen, welche die Gestalt der

---

1) Studnicka, Über die Histologie u Histogenese des Knorpels der Cyklostomen. Arch. mikr. Anat. Bd. 48. — Schaffer, Bemerkungen über die Histologie u. Histogenese des Knorpels der Cyklostomen. Arch. mikr. Anat. Bd. L. 1897. — Knorpelkapseln u. Chondrinballen. Anat. Anz. XXIII, 1903.

Zellen und ihrer Ausläufer wiederholen. Man nennt die von Zellen freien Räume des macerierten Knochens Knochenkörperchen, Knochenlücken oder Knochenhöhlen.

Sie haben meist linsenförmige Gestalt, sind 13—31 μ lang, 6—15 μ breit, 4—9 μ dick und entsenden nach allen Seiten zahlreiche Ausläufer (Knochenkanälchen, Canaliculi ossium), die sich mit benachbarten verbinden, aber auch



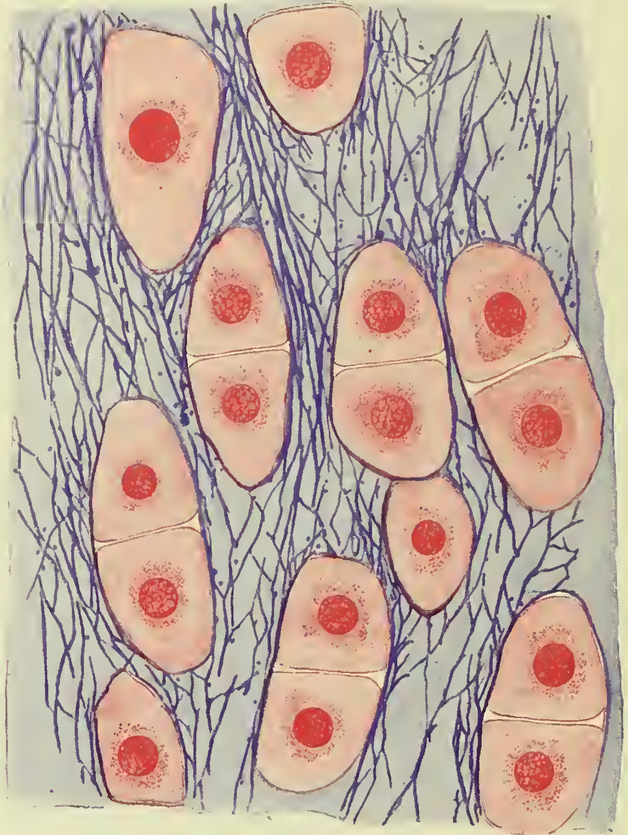


Fig. 119. Fig. 120.

Fig. 119. **Faserknorpel** aus der Fibrocartilago intervertebralis vom Menschen. Die konzentrischen Linien um die Zellen sind der Ausdruck der zu verschiedenen Zeiten eingetretenen Ablagerung von Grundsubstanz.

Fig. 120. **Netzknorpel** vom Ohr des Menschen 1000:1. Zellen rot, elastische Fasern blau.

innerhalb der Organe, der Knochen, an der äußeren Oberfläche, sowie in die großen und kleinen Mark- und Gefäßräume münden.

Die Knochenzellen sind membranlose Zellen mit fein gekörntem Protoplasma, ellipsoidischem Kern und zahlreichen Ausläufern, welche sich mit denen benachbarter Zellen verbinden (Spuler).

Die Grundsubstanz des Knochens ist nach v. Ebner verkalkt, die in ihr befindlichen Knochen-Fibrillen aber sind unverkalkt. Sie bilden in Bündel vereinigt Systeme, welche sich in verschiedener Richtung kreuzen. Das dadurch hervorgerufene Bild ist bekannt unter dem Namen des Sharpey-Ebner'schen Lamellenphänomens.

Außer diesen äußerst feinen Knochenfibrillen kommen noch dickere von der Oberfläche her in die Knochensubstanz einstrahlende Bündel fibrillären Bindegewebes vor, welche als Sharpeysche oder durchbohrende Fasern bekannt sind.

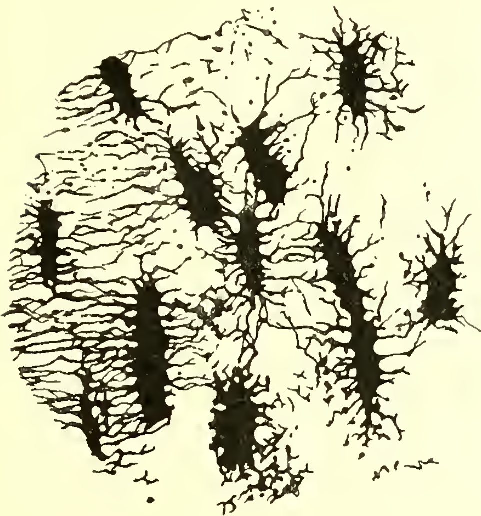


Fig. 121.

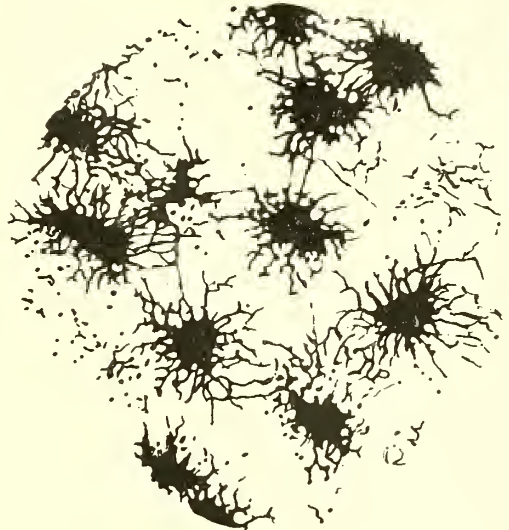


Fig. 122.

Fig. 121. **Knochenkörperchen** längs geschnitten. Aus einem Röhrenknochen vom Menschen.

Fig. 122. **Knochenkörperchen** flach geschnitten. Aus einem Röhrenknochen vom Menschen.

Nach anderen Autoren soll jedoch neben der interfibrillären Substanz auch die Hauptmasse der Fibrillen verkalkt sein.

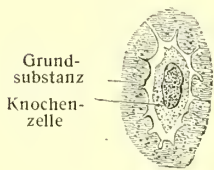


Fig. 123.

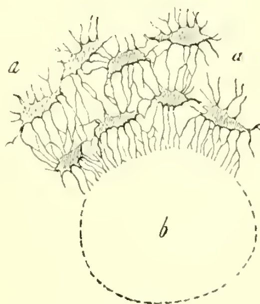


Fig. 124.



Fig. 125.

Fig. 123. **Knochenzelle** aus dem frischen Siebbein der Maus mit Karmin tingiert.

Fig. 124. **Knochenhöhlen** *(a, a)* mit ihren zahlreichen Ausläufern, einmündend in den quer durchschnittenen Haversschen Kanal *(b)*.

Fig. 125. **Verbindungskanälchen** der Höhlen der Knochenzellen, mit **Verbindungsfasern.** (A. Spuler).

Durch Säuren kann man die mineralischen Bestandteile, die Knochenerde, aus dem Knochengewebe entfernen; der zurückbleibende organische Bestandteil heißt Knochenknorpel oder Osseïn. Er bewahrt genau den Bau des Knochengewebes, ist weich, biegsam und schneidbar.

Ebenso wie man die Knochenerde vom Osseïn wegnehmen kann, kann man andererseits die Knochenerde vom Osseïn befreien. Dies geschieht durch vorsichtiges

Ausglühen, durch Veraschung, welche die organische Substanz zerstört (calcinierter Knochen). Die Knochenerde behält dabei den feinen Bau des Knochengewebes, so wie es bei dem Osseïn seinerseits der Fall war. Welcher Art die Ablagerung ist, ob eine einfache Beimischung oder eine Art chemischer Verbindung, bleibt zweifelhaft. Die befreite und in ihrer Form erhaltene Knochenerde ist leicht zerbrechlich. Erst die Ablagerung der Knochenerde in das Osseïn bedingt die Festigkeitsverhältnisse des Knochengewebes.

Über die Organstruktur des Knochens und über die Entstehung des Knochengewebes wolle man bei der Knochenlehre nachsehen. Hier sei nur noch gesagt, daß in der menschlichen Entwicklung das Knochengewebe erst spät auftritt. Das Schlüsselbein macht in der siebenten Fetalwoche den Anfang.

6. Das Zahnbeingewebe, Substantia eburnea (Dentin), besteht aus Grundsubstanz, collagenen Fibrillen und spezifischen Zellen, den Odontoblasten.

Der Körper der Odontoblasten (Waldeyer) liegt außerhalb des Zahnbeingewebes. Er ist zylindrisch oder birnförmig mit zwei Ausläufern. Der längere zieht als „Zahnfaser“ in das Zahnbeingewebe hinein; er teilt sich dichotomisch, besitzt zahlreiche feine Seitenästchen, welche mit entsprechenden Gebilden benachbarter Zahnbeinfasern in Verbindung stehen. Der andere Fortsatz des Odontoblasten begiebt sich in das unterliegende Bindegewebe. Der Kern liegt im basalen Teil der Zelle, er ist ellipsoidisch, chromatinreich, enthält in der Regel zwei Nukleolen (von Korff).

Die Zahnfasern und ihre Ausläufer liegen in entsprechenden Kanälchen, den „Zahnkanälchen oder Dentinröhrchen“ des Dentins. Die Wand dieser Kanälchen ist stärker lichtbrechend und fester, sie heißt „Zahnfaserscheide“ (Neumann).

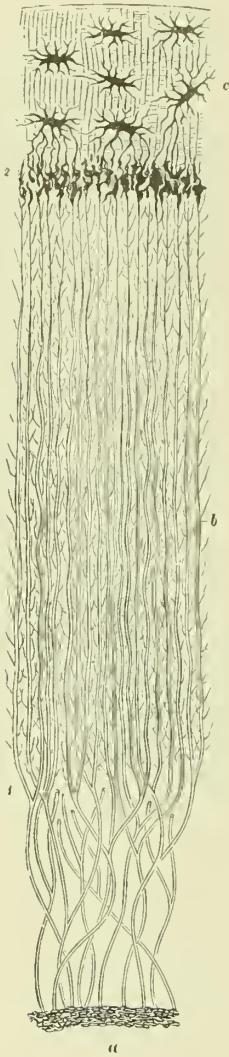


Fig. 126.



Fig. 127.

Fig. 126. **Zahnkanälchen.** Stück eines Querschliffes durch die Wurzel des menschlichen Mahlzahnes. 350:1 *a* Zahnhöhle; *b* Zahnbeinsubstanz mit gewundenen Zahnbeinkanächen und ihren Verzweigungen; 1 Teilungen der Zahnbeinkanälchen; 2 Übergang der Zahnbeinkanälchen in die kleinen Interglobularräume der Körnerschicht; *c* Zement mit Knochenkörperchen, welche zum Teil mit den Interglobularräumen in Verbindung stehen.

Fig. 127. **Odontoblasten** vom Kalbsfetus isoliert. *S* körniger Saum = Anlage der Zahnfaserscheide. (Nach v. Korff).

Die verkalkte Grundsubstanz enthält zahlreiche feine collagene Fibrillen, welche der Oberfläche des Zahnes parallel verlaufen. Nach Behandlung mit verdünnten Säuren bleibt eine dem Osseïn fast gleiche Masse, der Zahnknorpel zurück.

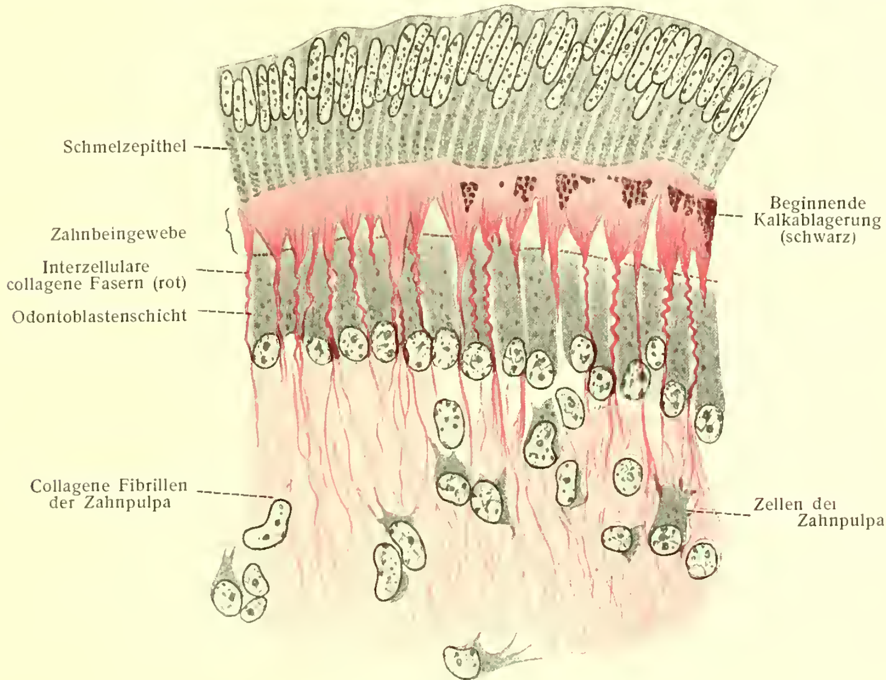


Fig. 128.

Entwicklung der Zahnbeingrundsubstanz. Rot sind die collagenen Fibrillen. Rechts beginnende Verkalkung der Zahnbeingrundsubstanz. (Nach v. Korff).

Innerhalb der Grundsubstanz findet man noch eigentümliche von Kugelflächen begrenzte Hohlräume, „Interglobularräume“, deren Bildung und Bedeutung noch nicht geklärt ist. Vielleicht sind es Stellen unverkalkter Grundsubstanz oder von Protoplasma erfüllte Räume, mit welchen die Zahnfasern zusammenhängen.

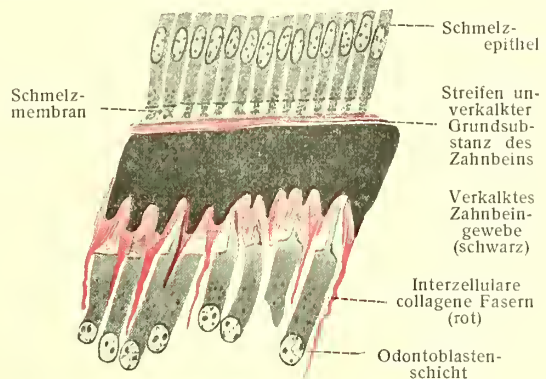


Fig. 129.

Weiter vorgeschrittene Verkalkung der Zahnbeingrundsubstanz. (Nach v. Korff).

Histogenese: Nach älteren Untersuchungen (Waldeyer, v. Ebner, Kölliker) entstehen Grundsubstanz und Fibrillen von den zuerst allein vorhandenen Odontoblasten. v. Korff stellt die Beteiligung der Odontoblasten am Aufbau der Grundsubstanz in Abrede. Die Fibrillen stammen nicht von den Odontoblasten, sondern vom unterliegenden Bindegewebe. Die Odontoblasten bilden nur die Zahnfasern und die Zahnfaserscheiden. Ihre Bedeutung besteht darin, die gefäßlose Zahnbeinschicht mit Ernährungskanälchen zu versehen. Gegenüber dieser Deutung geht nach v. Ebner die Bildung des Dentins so vor sich, daß die äußeren Enden der Odontoblasten und die zwischen ihnen befindliche Grundsubstanz sich in das homogene (durch besondere färberische Eigen-

schaften ausgezeichnete) Prädentin umwandeln. Dieses wird durch Ausscheidung collagener Fibrillen zu unverkalktem Zahnbein und aus diesem entsteht durch Verkalkung der zwischen den Fibrillen befindlichen Grundsubstanz das verkalkte Zahnbein. Studnicka nimmt einen vermittelnden Standpunkt ein insofern, als er in Übereinstimmung mit v. Ebner in einer interessanten Mitteilung zeigt, daß die durch v. Korff beschriebenen Fasern nur in den ersten Stadien der Dentinbildung vorkommen. Später entstehen Fasern, welche parallel zur Oberfläche des Zahnes verlaufen. Er erklärt die Entstehung der beiden Faserarten durch die von ihm vertretene Exoplasmatheorie. Die Odontoblasten scheiden die Grundsubstanz aus. In dieser entstehen erst die durch v. Korff beschriebenen, später die anderen Fibrillen. Auch die Verkalkung erfolgt durch die Tätigkeit der Odontoblasten.

K. v. Korff, Die Entwicklung der Zahnbeinsubstanz der Säugetiere. Arch. mikr. Anat. Bd. 67, 1905 und 1906. — V. v. Ebner, Über die Entwickelung der leimgebenden Fibrillen etc. Sitzber. Akad. Wiss. Wien, Bd. 115 Abt. III 1906. — Studnicka, Die radialen Fibrillensysteme bei der Dentinbildung etc. Anat. Anz. XXX, 1907. — Disse, Über die Bildung des Zahnbeins. Sitzber. Ges. Naturw. Marburg, 1907.

7. Das Fettgewebe besteht der Hauptmasse nach aus Fettzellen, wenig collagenen und elastischen Fasern nebst Grundsubstanz.

Die Fettzellen sind rundliche große Zellen mit derber in Trypsin unverdaulicher Membran. Sie sind bei gesunden Individuen so stark mit Fett angefüllt, daß zwischen



Fig. 130.
Fettzellen vom Frosch isoliert. *a* mit einem Kern, *b* und *c* mit zwei Kernen. 1000 : 1.

der Oberfläche der Ölkugel und der Zellmembran nur eine dünne Lage von Protoplasma bleibt. Nur in der Umgebung des Zellkerns befindet sich eine etwas dickere Schicht. Der oft zweifach, manchmal auch in drei Exemplaren vorhandene Kern ist ellipsoidisch, durch die gedrängte Lage zwischen Membran und Ölkugel etwas abgeplattet. Sind mehrere Kerne vorhanden, so liegen sie dicht nebeneinander oder sind durch einen verschieden großen Zwischenraum von einander getrennt. Am frischen ungefärbten Präparat sind Kern und Protoplasma nur dann deutlich zu erkennen, wenn sie im optischen Durchschnitt liegen. Bei anderer Lage der Zelle löscht der hohe Glanz des Fettropfens das Bild des Kerns völlig aus.

Übersichtlicher gestaltet sich das Bild, wenn das Fett die Zelle noch nicht vollkommen erfüllt oder wenn durch Verbrauch eine Verminderung eingetreten ist. In solchen Zellen sind Kern und Protoplasma sehr leicht zu sehen. Bei geringem Fettgehalt können statt einer Ölkugel auch mehrere vorhanden sein.

Der Zusammenhalt der einzelnen Fettzellen wird durch ein spärlich vorhandenes Bindegewebe bewirkt, dessen Charakter dem an erster Stelle geschilderten lockeren Bindegewebe entspricht.

Zum Nachweis von Fett dienen Osmiumsäure und einige Farbstoffe (Alcanna, Sudan III, Scharlach R.), doch ist zu bemerken, daß auch andere Substanzen reduzierend auf die Osmiumsäure einwirken, so daß Schwärzung einer Substanz durch Osmiumsäure kein Beweis dafür ist, daß es sich um Fett handelt.

Die Fettzellen treten auf:

1. In mehr zerstreuter Weise innerhalb des Bindegewebes, indem gewöhnliche Bindegewebszellen Fett in sich aufgenommen oder erzeugt haben;

2. in besonderen Organen, Fettorganen, welche Primitivorgane der Fettläppchen (Kölliker) oder Fettkeimlager (Toldt) genannt worden sind. Sie bilden das spezifische Fettgewebe, ob sie nun fetthaltig oder fettfrei gefunden werden. Der Ausgangspunkt dieser Fettorgane sind freilich ebenfalls junge Bindegewebszellen, doch treten sie in Form von graurötlichen Läppchen auf, die wesentlich aus rundlichvieleckigen, membranlosen körnchenfreien Zellen mit schönem Kerne bestehen. Sie ähneln den Plasmazellen.

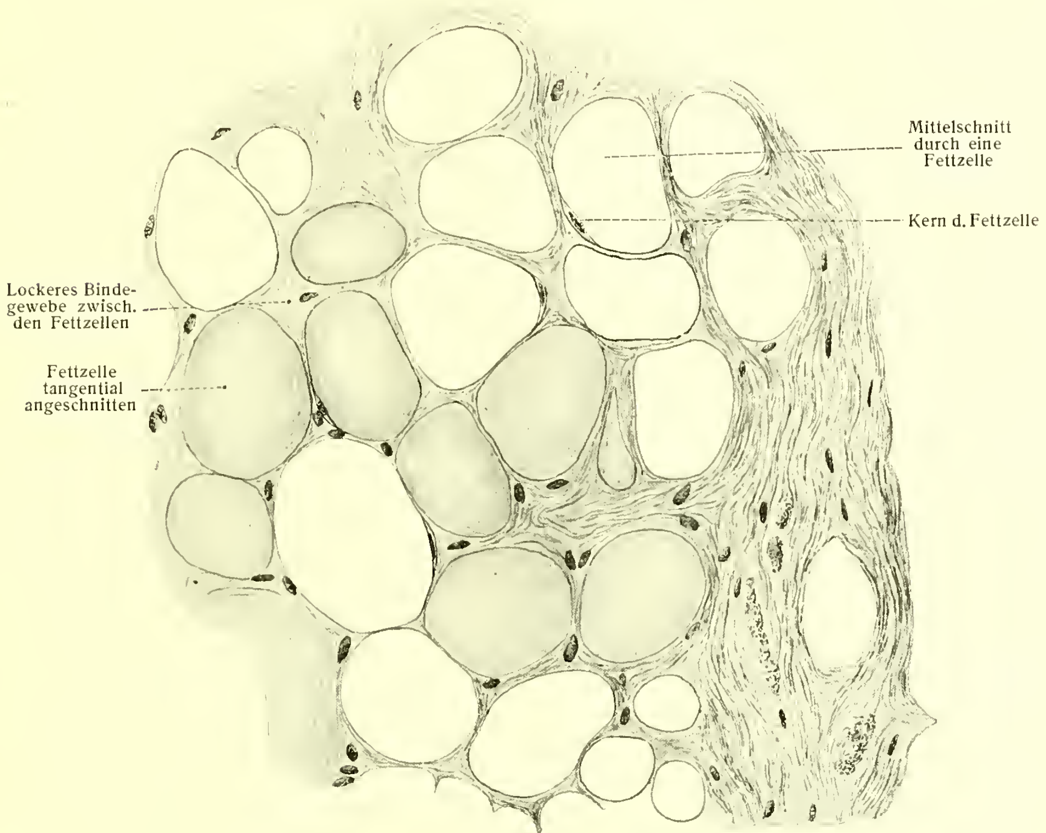


Fig. 131.
Fettgewebe vom Menschen. Schnitt.

Von diesen Fettprimitivorganen aus wächst das Fettgewebe allmählich überall dahin, wo später typisches Fettgewebe vorkommt. Es tritt zuerst auf an den Beugeseiten der Hüft- und Schultergelenke, später auch am Hals; ferner in der Umgebung der Nieren, bei älteren Feten (Katzen) auch im Mesenterium; bei eben geworfenen Katzen in zwei paarigen Lappen neben der Blase, in einem Läppchen im Mesorektum. Erhalten die neugeborenen Tiere nun fetthaltige Nahrung (Milch), so beginnen alsbald die Zellen der Fettläppchen Fett in kleinen Tröpfchen, die sich ansammeln und zusammenfließen, zu zeigen.

Es kann übrigens im fetalen Leben schon Fett in Fettzellen vorhanden sein, wie Fig. 133, 2 deutlich macht.

In Fettzellen sind in neuerer Zeit auch Zentralkörperchen nachgewiesen worden.

Die Bedeutung des Fettgewebes im Körper ist sehr groß. Außer zu Ernährungszwecken spielt es eine große Rolle als Schutzpolster, Wärmehülle, Abrundungs- und Füllmittel, in letzterer Hinsicht z. B. als gelbes Knochenmark. Es wird in wohlgenährten Körpern bis zu 15 und mehr Kilogramm gefunden.

8. Das lymphoide (cytogene, adenoide, retikuläre) Gewebe besteht zum größten Teil aus kleinen rundlichen Zellen (Lymphzellen), einem netzartigen Gerüst bindegewebiger Fasern, wenig Grundsubstanz.

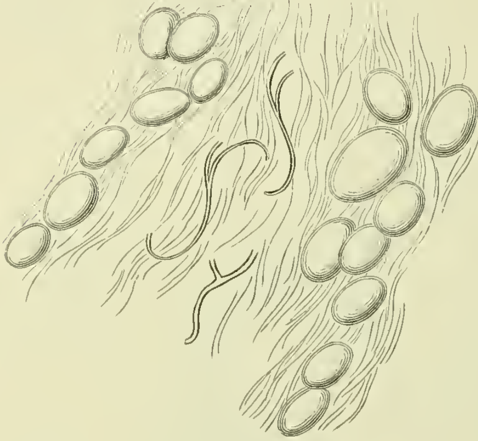


Fig. 132.

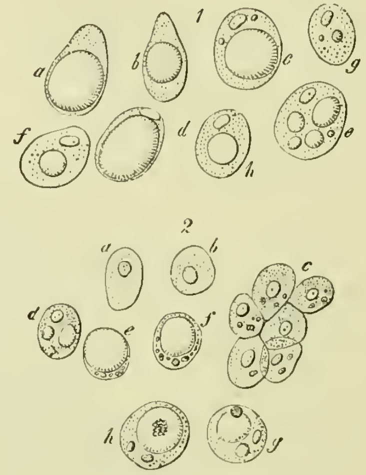


Fig. 133.

Fig. 132. **Fettgewebe.** Der Bindegewebsgrundlage sind einige elastische Fasern beigemischt. 250:1.

Fig. 133. **Unvollkommen mit Fett erfüllte Zellen.** 1 solche aus dem Unterhautzellgewebe einer abgemagerten menschlichen Leiche, die fettige Inhaltsmasse verlierend; *a* mit einem großen, *b* mit einem kleinen Fettropfen; *c* und *d* mit sichtbarem Kern; *e* eine Zelle mit getrennten Tröpfchen; *f* mit einem einzigen kleinen Tröpfchen; bei *g* fast fettfrei und bei *h* ohne Fett mit einem Tropfen eiweißartiger Substanz im Innern. 2 Zellen des Fettgewebes aus der Umgebung der Niere eines zehnzölligen Schaffetus. *a* und *b* isolierte Zellen ohne Fett; *c* ein Haufen derselben; *d*—*h* Zellen mit verschiedener Einlagerung der fettigen Inhaltsmasse. (Nach Frey).



Fig. 134.

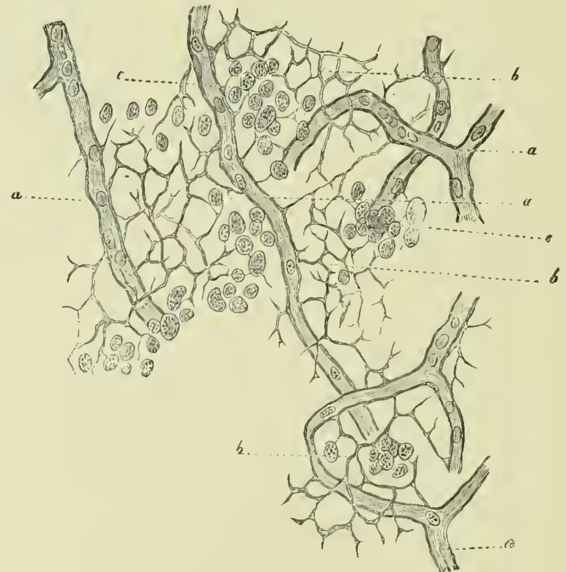


Fig. 135.

Fig. 134. **Retikuläres Gewebe.** Ausgepinselter Schnitt aus einer Inguinaldrüse des Rindes. (Nach His.) 250:1. *a* Blutgefäße; *b, b* Markstränge; *d, d* Lymphsinus, in welchem man das kernhaltige Netz sieht; *e, e* Trabekulargerüst

Fig. 135. **Retikuläres Gewebe** mit Lymphzellen aus dem Peyerschen Haufen des Kaninchens. *a* Haargefäße; *b* Netzgerüst; *c* Lymphzellen.

Die Lymphzellen sind kleine kugelige Zellen. Die Hauptmasse der Zelle bildet der sphärische Kern mit dichtem Chromatingerüst, das Protoplasma bildet nur einen schmalen Saum um ihn herum. Neben diesen Zellen kommen in geringerer Menge auch andere mit größerem Kern und stärker entwickeltem Zellleib vor. Die Zellen liegen in den Maschen eines Netzwerkes von Bindegewebsfasern, Retikulumfasern, welches durch die große Zahl von Lymphzellen verdeckt wird. Erst nach Entfernung der zelligen Elemente durch Auspinseln und durch Ausschütteln von Schnitten oder durch spezifische Färbung erhält man ein anschauliches Bild des Netzwerkes, welchem das Gewebe die Bezeichnung als retikuläres verdankt.

Die Fasern dieses Maschenwerkes hängen mit einander zusammen. Ihrem histochemischen Verhalten nach gehören sie weder vollkommen zur Gruppe der collagenen noch zu den elastischen Fasern (Siegfried bezeichnet die in ihnen enthaltene Substanz als Retikulin). Es bestehen hier jedoch ausgesprochene Altersunterschiede: bei jüngeren Individuen besteht das Retikulum aus sternförmigen Zellen, deren Ausläufer mit benachbarten sich verbinden und so ein Schwammwerk bilden, in dessen stärkeren Knotenpunkten Kerne liegen. Mit zunehmendem Alter schwindet das Protoplasma mehr und mehr, sogar ein Teil der Kerne geht unter.[1]) An einem solchen Netz ist der Ursprung aus Zellen fast nicht mehr zu erkennen. Die Fasern des jüngeren Retikulums lösen sich beim Kochen noch leicht auf, während die des älteren etwas resistenter sind. Der Trypsinverdauung widerstehen sie in gleicher Weise wie die collagenen Fasern.

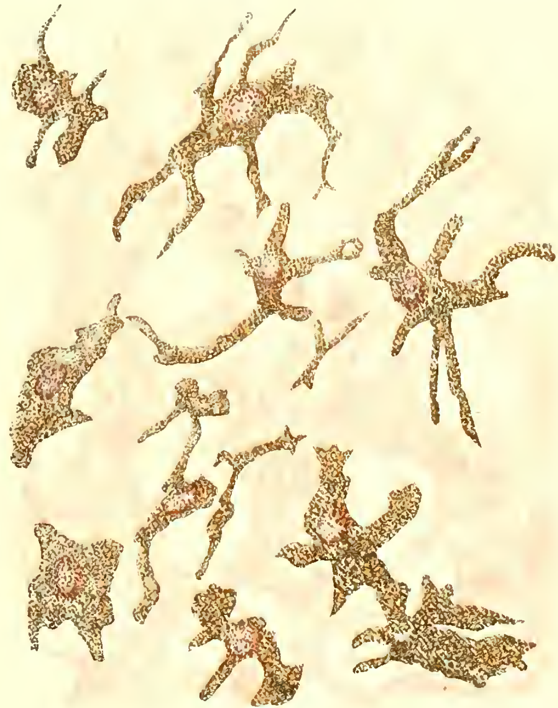


Fig. 136.
Pigmentierte Bindegewebszellen aus der Lamina fusca der Sklera des Auges. 700:1.

Das adenoide oder cytogene (zellenbildende) Bindegewebe ist im Körper sehr reichlich vertreten. Vor allem kommt es in vielen wichtigen Organen vor, welche der Lymph- und Blutbereitung dienen, so in den zahlreichen Lymphdrüsen, den solitären und aggregierten Lymphknötchen, in den Tonsillen, in Thymus (?) und Milz. Ferner findet es sich an bestimmten Stellen von Schleimhäuten vor, wie in derjenigen der Zunge, des Darmes, des Atmungsapparates, der Conjunctiva.

An allen diesen Orten, in ausgesprochenster Weise in der ersten Gruppe, ist das adenoide oder cytogene Gewebe als eine Brutstätte für Lymphkörperchen und farblose Blutkörperchen zu betrachten.

9. Das pigmentierte Bindegewebe ist charakterisiert durch die pigmentierten Bindegewebszellen, d. h. verzweigte, stark mit Pigmentkörnchen[2]) beladene Bindegewebszellen, welche in großer Menge neben collagenen

1) Thomé, Beiträge zur mikroskop. Anatomie der Lymphknoten. Jen. Zeitschr. 37. Bd. 1902.

2) Es gibt pigmentierte Epithelzellen, pigmentierte Bindegewebszellen, pigmentierte Nervenzellen, pigmentierte Muskelzellen und -fasern. Letztere sind beim gesunden Menschen nicht vorhanden, kommen aber bei Tieren vor. Das Pigment liegt stets innerhalb der Gewebszellen. Pigmentierte Epithelzellen sind weit verbreitet in der Haut der farbigen Rassen. Bei der weißen Rasse findet es sich besonders in der Haut von Penis, Scrotum, Analgegend,

und elastischen Fasern, den anderen Arten von Bindegewebszellen sowie wenig Grundsubstanz vorkommen.

Sie sind entstanden durch Bildung oder Aufnahme von braunen Pigmentkörnchen in den Körper von Bindegewebszellen, der von ihnen ganz durchsetzt sein kann. Der Kern jedoch bleibt frei und erscheint, wenn er vor deckendem Pigment gesehen werden kann, als helles Bläschen. Verästelung, Sternform der Pigmentzellen ist eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Bei dem Menschen ist ihr Vorkommen auf das Auge (Tunica vasculosa oculi, Sklera) und die Haut beschränkt, wo sie ursprünglich im bindegewebigen Teil liegen und Fortsätze in das interepitheliale Labyrinth entsenden oder ganz in dasselbe eindringen. So übermitteln sie vielleicht den Pigmentgehalt des Epithels der Haut und bedingen dadurch nicht allein die örtlichen Verschiedenheiten der Hautfarbe desselben Individuums, sondern auch

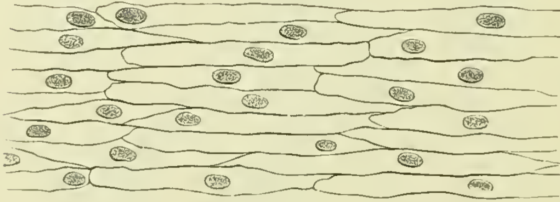


Fig. 137.



Fig. 138.

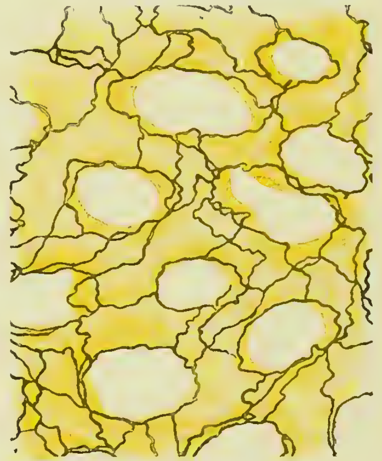


Fig. 139.

Fig. 137. **Endothel** einer Arterie der weichen Hirnhaut nach Behandlung mit Arg. nitricum. 300:1.

Fig. 138. **Endothel** eines Lymphgefäßes der Muscularis des Darmes vom Meerschweinchen. 240:1.

Fig. 139. **Endothelzellengrenzen** der Lungenkapillaren beim Frosch, dargestellt durch Argentum nitricum.

die wesentlichsten Rassenunterschiede der Haut. Ihre Bedeutung wäre dann sehr groß. Eine weit größere Verbreitung besitzen die pigmentierten Bindegewebszellen im Tierreich, sowohl bei den niederen Wirbeltieren, als auch bei den Wirbellosen. In vielen Fällen zeigen hier die Pigmentzellen eine bedeutende Kontraktionsfähigkeit und andere Besonderheiten.

Zentralkörperchen in Pigmentzellen sind von verschiedener Seite nachgewiesen (Solger, Zimmermann).

10. **Das Endothelgewebe besteht aus abgeplatteten Zellen, welche die Oberfläche von Binnenräumen überziehen.** Die einzelne Zelle ist

---

Achselhöhle, Augenlider. Es liegt hauptsächlich in den unteren Zellschichten der Epidermis. Pigmentierte Bindegewebszellen können überall im Körper auftreten, sind aber am zahlreichsten in der Tunica vasculosa oculi (Chorioidea, Corpus ciliare, Iris), nächstdem am zahlreichsten an den oben genannten Stellen stärkerer Pigmentierung. Pigmentierte Nervenzellen finden sich an besonderen Stellen des Zentralnervensystems (Substantia nigra, Locus coeruleus). In Ganglienzellen älterer Leute findet sich konstant Pigment.

platt, der Umriß meist eine unregelmäßig wellige Linie; nur an einigen Stellen, z. B. am Endothel der vorderen Augenkammer, finden sich geradlinig begrenzte, regelmäßig fünf- oder sechsseitige Platten. Zwischen den Rändern der mosaikartig angeordneten Elemente sind Interzellularbrücken und Interzellularlücken vorhanden. Letztere dienen zum Durchtritt von Flüssigkeiten und von Wanderzellen. Die Oberfläche, welche dem begrenzten Binnenraum zugekehrt ist, erscheint glatt und ist mit einer festeren Schicht ausgestattet. Der platte ellipsoidische Zellkern bedingt oft eine lokale Vorwölbung des Zellkörpers.

Zur Darstellung der Zellengrenzen dient eine 0,25—0,75% Arg. nitricum-Lösung. Bei entsprechender Einwirkung bildet sich aus der eiweißhaltigen Flüssigkeit, welche die Interzellularlücken erfüllt, ein Silberalbuminat, welches, vom Licht zersetzt, durch das ausgeschiedene metallische Silber die Zellgrenzen als schwarze Linien sichtbar macht.

11. Das embryonale Bindegewebe besteht anfangs nur aus sternförmigen, reich verästelten, miteinander in Verbindung stehenden

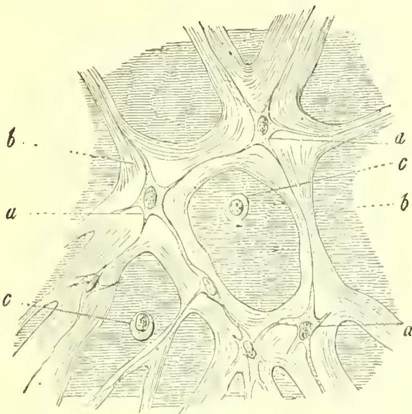


Fig. 140.

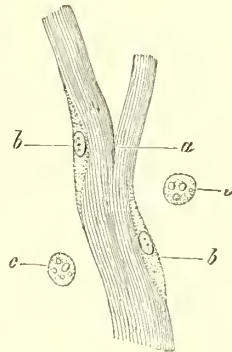


Fig. 141.

Fig. 140. **Embryonales Bindegewebe** (Whartonsche Sulze) aus der Nabelschnur eines Fetus von vier Monaten. *a* Netz verästelter Zellen; *b* collagene Fibrillen; *c* Wanderzellen.

Fig. 141. **Bindegewebsbündel** aus der Nabelschnur vom Neugeborenen. *a* collagene Fibrillen; *b* spindelförmige Zellen; *c* kugelige Zelle mit Fettröpfchen.

(anastomosierenden) Zellen und einer gallertigen, Mucin enthaltenden Grundsubstanz (s. Fig. 99). Die Kerne der Zellen sind ellipsoidisch oder auch der Form des Zellkörpers entsprechend unregelmäßig.

In dieser Form besteht das embryonale Bindegewebe nur kurze Zeit; bald erscheinen innerhalb und außerhalb der Zellen Fibrillen collagener und elastischer Art, je nach dem Ort, doch bleibt die gallertige Grundsubstanz zunächst noch reichlich vorhanden, sodaß sogar noch zur Zeit der Geburt das alsdann außerordentlich faserreiche Gewebe der Nabelschnur einen sulzigen Charakter zeigt (Whartonsche Sulze). Es kommt ferner vor in der Umgebung des häutigen Gehörlabyrinthes. Durch seine Verflüssigung entstehen die perilymphatischen Räume des inneren Ohres.

Blut und Lymphe.

Das Blut kann angesehen werden als ein Bindesubstanzgewebe, welches nur aus Zellen besteht und mit reichlicher Interzellularsubstanz versehen ist. Man unterscheidet demgemäß am Blut zwei Haupt-

bestandteile: 1. Blutflüssigkeit, Plasma s. Liquor sanguinis und 2. geformte Elemente, Blutkörperchen, Corpuscula sanguinis. Das Blutplasma zerfällt durch den Vorgang der Gerinnung in zwei Bestandteile, a) einen festen, fädig-körnigen, das Fibrin, und b) einen flüssigen, gelblichen, durchsichtigen, das Serum. An geformten Elementen kennt man a) rote Blutkörperchen, Erythrocyten, b) farblose Blutkörperchen (unpassend auch weiße genannt) Leukocyten, c) Blutplättchen, Thrombocyten, d) Blutstäubchen, Haemoconien, welche wahrscheinlich keine besondere Stellung einnehmen, sondern wohl Zerfallsprodukte der anderen Elemente oder Eiweißkörper anderer Herkunft sind, und Fettröpfchen.

Folgendes Täfelchen diene zur Erleichterung der Übersicht.

Blut	Blutplasma	Fibrin
		Serum
	Blutkörperchen	Erythrocyten
		Leukocyten
		Thrombocyten
		[Haemoconien]

Die Blutmasse als Ganzes stellt ein Organ dar, ein flüssiges und während des Lebens in röhrenförmigen in sich zurücklaufenden Bahnen bewegtes Organ zwar, aber doch ein Organ. Das Blut als Organ hat uns hier nicht zu beschäftigen, sondern nur seine Eigenschaften als Gewebe.

Die Gesamtmenge des Blutes beim Erwachsenen beträgt $^1/_{13}$ des ganzen Körpergewichtes (Bischoff).

Das Blut hat ein spezifisches Gewicht von 1050—1060 (bei Männern 1055 bis 1060, bei Weibern 1050—1056), salzigen Geschmack, eigentümlichen Geruch, dunkel- oder hellrote Farbe. Es enthält 78—79 Proz. Wasser, 21—22 Proz. Trockenrückstände. Es besteht zu 45—50 Proz. aus geformten Elementen.

Nach Hoppe-Seyler beträgt der Gehalt des menschlichen Blutes an Plasma 67,90 Proz. In ihm sind 7,07 feste Bestandteile und 60,83 Wasser enthalten.

1. Der Liquor sanguinis, das Blutplasma, ist ungeformt. Unter bestimmten Umständen aber, besonders nach Entnahme von Blut aus den Gefäßen, zeigt sich jene interessante Veränderung im Blutplasma, welche man unter dem Namen Gerinnung kennt. In der vorher klaren, farblosen Flüssigkeit treten feine helle Fäden, Fibrinfäden, auf, welche rasch an Menge zunehmen und die übrigen geformten Gebilde einschließen. Es können auf diese Weise sehr schöne Netze zustande kommen. In anderen Fällen ist die Lagerung der Fäden unregelmäßig und es entsteht schließlich ein dichter wirrer Filz, dessen Substanz Faserstoff des Blutes, Fibrin genannt wird. (Über die feineren Vorgänge bei der Gerinnung s. weiter unten). Die zurückbleibende Flüssigkeit (ohne geformte Elemente irgend welcher Art) heißt Blutserum, Serum sanguinis. Der die geformten Elemente und das Fibrin enthaltende Teil stellt den sogenannten Blutkuchen, Placenta sanguinis, dar. Wird das Blut vor seiner Gerinnung mit einem Stabe geschlagen, so scheidet sich das Fibrin als weiße, faserige Masse ab, welche nur sehr wenig Blutkörperchen enthält. Den zurückbleibenden Blutteil nennt man defibriniertes Blut.

2. Die roten Blutkörperchen, Erythrocyten, sind im postfetalen Leben kernlose bikonkave Scheiben mit abgerundetem Rand. Die Vertiefung der Scheibe wird als „Delle“ bezeichnet. Die Farbe der Erythrocyten ist unter dem Mikroskop gelblich, bei Betrachtung mit bloßem Auge rot. Die Farbe wird durch einen be-

sonderen Eiweißkörper, das Hämoglobin, bewirkt. Der Durchmesser der Scheibe beträgt durchschnittlich 7,5 μ; eine geringe Anzahl hat bis 8—12 μ und bildet Riesenkörperchen, Megalocyten, andere sind Zwergformen, Mikrocyten von 2—4 μ. Die Dicke beträgt am Rande 2,5 μ, in der Mitte 1,8—2 μ (Hayem). Sie sind weich und biegsam, aber elastisch. Sie haben die Neigung, im Präparat sich zu Reihen anzuordnen, indem sie sich mit ihren Flächen aneinanderlegen. Dadurch entsteht die sogenannte „Geldrollen-Anordnung". Diese kann aber nur eintreten, wenn die Blutschicht eine bestimmte Dicke hat. Heidenhain (Folia haematologica 1904) führt diese Anordnung auf Oberflächenspannung zurück.

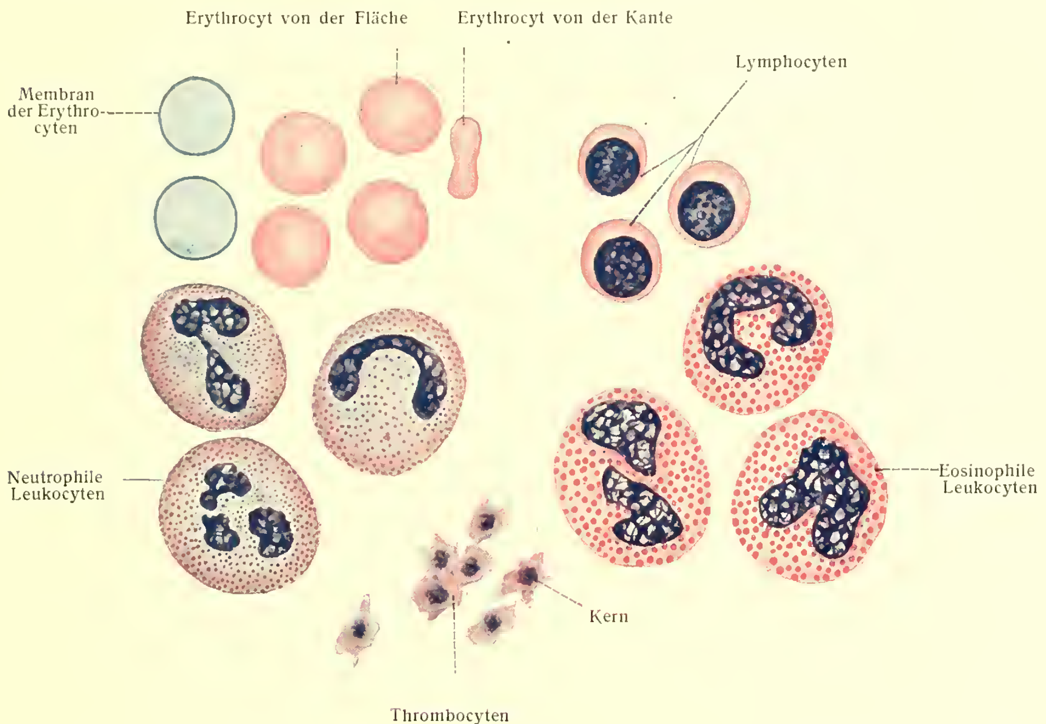


Fig. 142.

Blut vom Menschen. 1500:1. Übersicht über die Gestalt der Erythrocyten, Leukocyten und Thrombocyten im gefärbten Trockenpräparat.

Über den feineren Bau der roten Blutkörperchen haben die Untersuchungen der letzten Jahre die alte Lehre bestätigt, daß die Erythrocyten eine Membran besitzen, welche den flüssigen Inhalt, das Hämoglobin, umschließt. Die Membran ist hell, am frischen Präparat nicht sichtbar, klebrig. Sie kann aber durch Methylviolett (Schäfer, Deetjen) sowohl am frischen wie am konservierten Präparat dargestellt werden (Fig. 142). Eine besondere Plasma-Struktur im Innern des Blutkörperchens ist wohl nicht vorhanden, vielmehr hat man es sich vorzustellen unter dem Bild einer mit Flüssigkeit (Hämoglobin) gefüllten Hohlkugel, deren Wand die Membran ist.

Die roten Blutkörperchen sind sehr empfindliche Gebilde und leiden in Form und Beschaffenheit unter den verschiedenartigsten Einwirkungen. Erhöhung des osmotischen Druckes durch Verdunstung des Wassers oder Zusatz von Salzen,

Zucker u. a. bewirkt Schrumpfung. Dabei treten an ihnen kleine Zacken und Spitzen auf; das Körperchen nimmt Maulbeer- oder Stechapfelform an. Verminderung des osmotischen Druckes bewirkt Quellung, Platzen der Membran und Austreten des Blutfarbstoffes. Die Membranen bleiben als schwer sichtbare, schattenhafte Gebilde „Blutschatten" zurück, können aber durch Zusatz von Jodlösung deutlich gemacht werden.



Fig. 143.

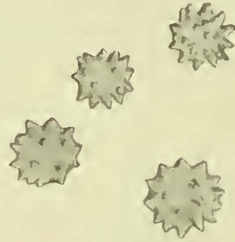


Fig. 144.

Fig. 143. **Rote Blutkörperchen** des Menschen. 1200:1. 1 frische Blutkörperchen in Reihen; 2 von der Fläche gesehen; 3 von der Kante.

Fig. 144. **Blut vom Menschen.** Stechapfelform. 1500:1.

Daß die roten Blutkörperchen eine Membran besitzen, welche einen flüssigen Inhalt umschließt, war von Virchow, Kollmann, Merkel, Krause, Schäfer, Hensen stets vertreten worden, gegenüber der Ansicht von Rollett, nach welcher sie aus einem Gerüstwerk, dem Stroma und dem dasselbe wie Wasser den Schwamm durchtränkenden Hämoglobin bestehen sollten. Das physikalische Verhalten der Erythrocyten gegen schwächere und stärkere Konzentration der Flüssigkeit, oder, wie man jetzt sagt, gegenüber isotonischen, hyperisotonischen und hypisotonischen Lösungen, schon ausführlich von R. Virchow besprochen, wird nur erklärlich durch das Vorhandensein einer für Wasser durchgängigen Membran, denn bei vorsichtigem Wasserzusatz kann man das Blutkörperchen so quellen, daß es ganz blaß erscheint, und bei Erhöhung der Konzentration kann dasselbe Körperchen wieder seine natürliche Größe und Farbe erhalten. Bei weiterer Wasserentziehung treten dann die Maulbeer- und Stechapfelformen auf. Die Darstellung der Membran am frischen Blut durch Färbung mit Methylviolett hat Schäfer seit einer Reihe von Jahren in seinem Lehrbuch (Essentials of Histology, deutsch von W. Krause) empfohlen; (ich selber (Kopsch) lasse diese Präparate seit Jahren im histologischen Kurs anfertigen). Neuerdings hat Deetjen einen ähnlichen Farbstoff zum selben Zweck auch für Trockenpräparate empfohlen. Neuere Untersuchungen (Pascucci) haben bestätigt, daß die Membran aus Proteïden, welche mit Lecithin und Cholesterin durchtränkt ist, besteht. Aus dieser Zusammensetzung erklären sich die physiologischen und pathologischen Zustände der Erythrocyten.

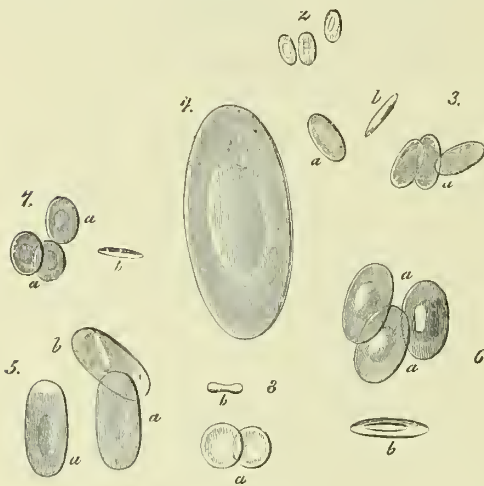


Fig. 145.

Erythrocyten: 2 vom Kamel; 3 der Taube; 4 des Proteus; 5 des Wassersalamanders; 6 des Frosches; 7 von Cobitis; 8 des Ammocoetes. Bei *a* Ansichten von der Fläche; bei *b* die seitlichen. (Nach Frey).

Nach Untersuchungen von Dekhuyzen und Weidenreich sind die roten Blutkörperchen, nicht bikonkave Scheiben, sondern konvex-konkave, Gastrula-ähnliche Gebilde; sie sind glockenförmig oder napfartig nur mit einer Vertiefung versehen. Dekhuyzen bezeichnet sie als Chromokrateren.

Vergleichend-anatomisches: Die roten Blutkörperchen der Säugetiere sind denjenigen des Menschen ganz ähnlich, wenn auch Größenunterschiede vorkommen. Größer sind die des Elefanten,

des Walrosses, der Edentaten; die des Hundes haben 7,3 μ D.; es gibt hierüber große Tabellen. Die roten Blutkörperchen der kamelartigen Tiere sind ebenfalls kernlos, aber elliptisch. Die roten Blutkörperchen der übrigen Wirbeltierklassen sind elliptisch und kernhaltig; die des Petromyzon sind kreisförmige kernhaltige Scheiben. Über diese Verhältnisse orientiert Fig. 145.

Es gibt in der Tierreihe zwei verschiedene Arten von Blut, Eisenblut und Kupferblut. Ersteres enthält Haemoglobin, wird an der Luft rot, letzteres enthält Haemocyanin und wird blau; es findet sich bei Mollusken und Arthropoden. Das Eisenblut findet sich außer bei Wirbeltieren bei einer Anzahl von Würmern und Mollusken.

Die embryonalen roten Blutkörperchen des Menschen und der Säugetiere sind sämtlich kernhaltig und zeigen zahlreiche mitotische Teilungen, welche sich während des Kreislaufes vollziehen. Auf späteren Entwicklungsstufen nehmen die kernhaltigen roten Blutkörperchen an Menge ab. Beim neugeborenen Kaninchen gibt es nach Hayem nur noch wenige derselben zwischen den schon völlig ausgebildeten kernlosen. Beim Menschen ist im vierten Fetalmonat das Blut schon sehr reich an kernlosen Blutkörperchen, im sechsten Monat ist die Zahl der kernhaltigen roten sehr gering geworden, vom siebenten Monat an sind nur noch kernlose rote Blutkörperchen vorhanden. Nur bei bestimmten Erkrankungen findet man im späteren Leben kernhaltige rote Blutkörperchen.

Die Lebensdauer der Erythrocyten wird auf 3—4 Wochen angegeben. Abgesehen von denjenigen, welche etwa im kreisenden Blut zu Grunde gehen, erfolgt das Zugrundegehen in der Leber, in der Milz und vielleicht auch im Knochenmark, woselbst bestimmte Zellen Blutkörperchen aufnehmen und verarbeiten. Weidenreich findet in den Blutlymphdrüsen zahlreiche Fragmente zerfallener Erythrocyten neben reichlich vorhandenen eosinophilen Zellen. Er leitet die Granula dieser Leukocytenform her von aufgenommenen Stücken der zerfallenen Erythrocyten.

3. Die farblosen Blutkörperchen, Leukocyten, sind membranlose Zellen, welche aus körnigem Protoplasma und einem oder mehreren Kernen bestehen. Im Zustand der Ruhe sind sie kugelig und haben einen Durchmesser von 4—14 μ. Sie machen amöboide Bewegungen und nehmen dadurch verschiedene Formen an.

Nach der Größe, der Kernform, sowie dem Bau und dem färberischen Verhalten des Zelleibes werden drei verschiedene Formen unterschieden. (Fig. 142).

a. Die Lymphocyten besitzen meist die Größe eines roten Blutkörperchens, haben einen verhältnismäßig großen, kugeligen, stark färbbaren Kern und eine schmale dünne Schicht von Protoplasma.

b. Die polynukleären neutrophilen Leukocyten sind fast doppelt so groß als ein Erythrocyt. Der Kern ist „polymorph", d. h. er tritt in sehr verschiedener Form auf: er ist hufeisen-, kleeblatt-förmig, unregelmäßig gestaltet mit dichtem, intensiv färbbarem Gerüst. Der Zelleib besitzt eine feine, dichte Körnung, welche saure oder basische Farbstoffe nicht aufnimmt, dagegen in zusammengesetzten Farben einen neutralen Farbton erhält.

c. Die eosinophilen (acido- oder oxyphilen) Leukocyten sind ebenso groß wie die neutrophilen und besitzen gleichfalls einen polymorphen Kern, welcher jedoch oft in einzelne Stücke zerfallen ist. Der Zelleib ist dicht erfüllt von starkglänzenden, groben Körnchen, welche mit Begierde saure Farbstoffe (Eosin, Fuchsin) aufnehmen.

Zu diesen drei Hauptformen gesellt sich noch eine vierte Gruppe von Zellen, welche Ehrlich als Übergangsformen bezeichnet hat. Sie sind den Lymphocyten ähnlich, aber von wechselnder Größe und besitzen einen großen, gelappten, schwach färbbaren Kern.

Wie Spronck gefunden hat, sind im strömenden Säugetierblut fortdauernd Mitosen der Leukocyten vorhanden, und zwar etwa zwei auf tausend Körperchen. Sie vermehren sich hiernach im Blut, wie die Epithelzellen innerhalb der epithelialen Lager. Es gibt aber noch eine anderweitige, beständig fließende Quelle der

Vermehrung der Leukocyten. Diese Quelle ist die Lymphe, welche aus den Organen, die als Brutstätten von Lymphkörperchen bereits erwähnt worden sind, beständig frische Leukocyten ins Blut führt. Diese starke Regeneration läßt auf einen großen Verbrauch schließen.



Fig. 146.
Leukocyten vom Salamander. Sublimat, Eisenhämatoxylin, Rubin. 2500:1. (Von M. Heidenhain).

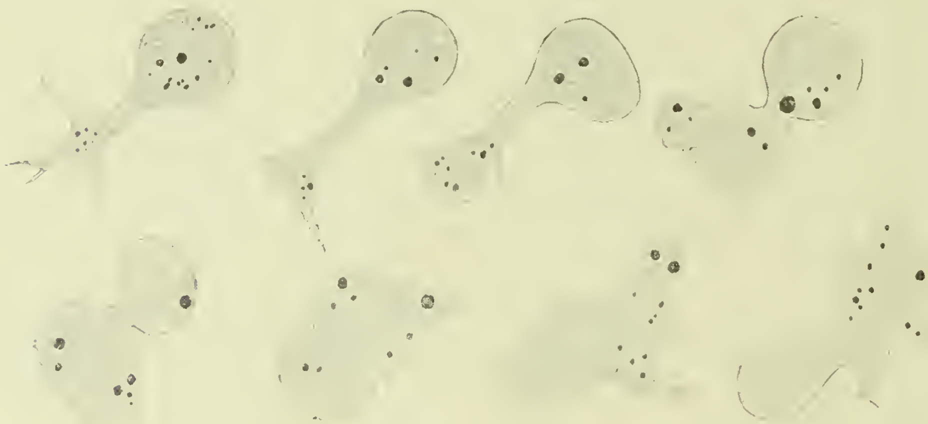


Fig. 147.
Amöboide Bewegung desselben farblosen Blutkörperchens vom Frosch. Formänderungen innerhalb 10 Minuten. Die schwarzen Partikel sind chinesische Tusche, welche 24 Stunden vorher in den dorsalen Lymphsack eingespritzt war.

Aus dem Angegebenen erhellt, daß Leukocyten des Blutes und der Lymphe, Lymphkörperchen, lymphoide Zellen gleicher Herkunft sind. Auch das Knochenmark führt neben anderen Gebilden solche Zellen; hier heißen sie Markzellen. In den übrigen Geweben zerstreut vorkommende derartige Gebilde führen den

Namen Wanderzellen. Sie sind, wenigstens zum Teil, entweder aus den Blutgefäßen ausgewandert, oder unmittelbar aus den Brutstätten der Leukocyten selbst. Ein anderer Teil von Wanderzellen verdankt vielleicht fixen Bindegewebszellen seinen Ursprung; doch scheint dies mehr ein pathologischer Vorgang zu sein.

Wanderzellen haben auch die Fähigkeit, zwischen die Zellen der Epithelien zu dringen und so entweder auf die Oberfläche zu gelangen oder innerhalb der epithelialen Lager zu zerfallen. Auf die freie Oberfläche gelangen solche im ganzen Verdauungskanal (Stöhr). So kommen sie auch in den Speichel, wo sie Speichelkörperchen heißen und den Funktionen des Speichels zu dienen haben.

Wo sie sich auch finden mögen, scheinen Wanderzellen und überhaupt Leukocyten gegebenen Falles als Freßzellen, Phagocyten (Metschnikoff) wirken zu können, als kleine Polizeiorgane, welche den Körper von verbrauchten Elementen befreien helfen, Krankheitskeime aufnehmen und verdauen, Zelltrümmer in sich einschließen und beseitigen.

Massenhaft aus den Gefäßen, und zwar zwischen den Endothelien austretende Leukocyten bilden der Hauptsache nach das Wesen der Eiterung.

In den Wanderzellen sind nicht nur Mitosen nachgewiesen worden, sondern auch (Flemming, Heidenhain) bleibende Zentralkörperchen. (Fig. 146.)

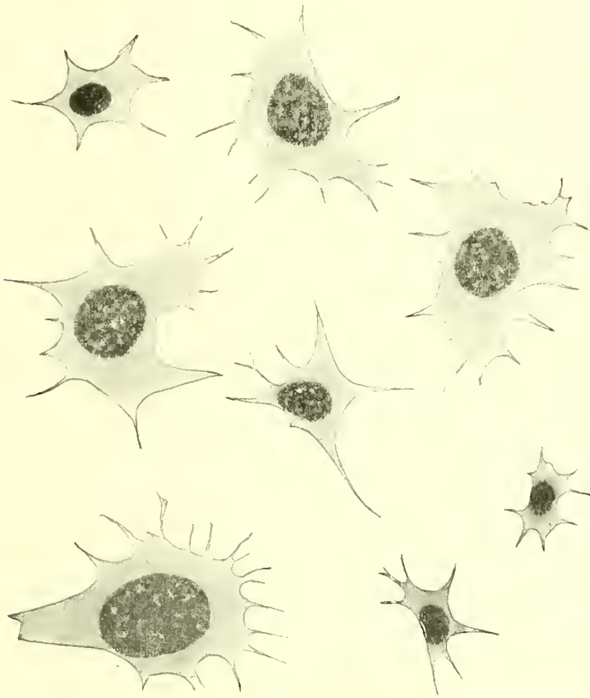


Fig. 148.



Fig. 149.

Fig. 148. **Thrombocyten (Blutplättchen)** aus Menschenblut, beobachtet auf Deetjens Lösung, fixiert mit 1 proz. Osmiumsäure, gefärbt mit Hämatoxylin. Maßstab 3200 : 1. (Fr. Kopsch, 1900).

Fig. 149. **Thrombocyten (Blutplättchen)**; fixiert aus frischem Menschenblut; von der Fläche und von der Kante 3200 : 1.

4. Die Blutplättchen (Bizzozero), Blutscheibchen (Laker) oder Thrombocyten (Dekhuyzen) sind kleine, 1—3 μ große, nach neueren Untersuchungen (Deetjen, Kopsch u. a.) kernhaltige Zellen. Im kreisenden Blut sind sie von der Fläche gesehen kreisrund, von der Kante betrachtet wetzsteinartig. Am frisch-fixierten Präparat zeigen etliche auch einen oder zwei feine Fortsätze. Da sie spezifisch leichter sind als das Blutplasma, steigen sie im frischen Blutpräparat in die oberen Schichten und sind deshalb bei Einstellung auf die untere Fläche

des Deckglases leicht zu erkennen als helle glänzende Punkte. Sie sind außerordentlich labile Gebilde: die geringsten Änderungen in dem umgebenden Plasma wirken schädigend. Sie kleben alsdann aneinander, sowie an benachbarten Gegenständen fest und zerfallen unter Auflösung des Kerns und schaumiger Umwandlung des Protoplasmas. Diese Vorgänge bilden die Einleitung und die Bedingung der Gerinnung des Blutplasmas.

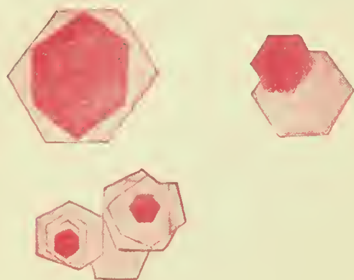


Fig. 150.
Hämoglobinkristalle vom Eichhörnchen (unter Benutzung einer Figur von Schäfer).

Außerhalb der Blutbahn können sie einige Zeit hindurch ohne zu zerfallen nur durch zwei Kunstgriffe erhalten werden. Der eine, von Bürker angegeben, ist sehr geeignet zur Gewinnung eines klaren übersichtlichen Bildes zahlreicher Thrombocyten. Er beruht darauf, daß ein Bluttropfen auf einer frisch geglätteten Paraffinunterlage schwer gerinnt. Läßt man einen frischen Tropfen Blut auf einem frisch geglätteten Stück Paraffin, vor Verdunstung geschützt durch eine feuchte Kammer, einige Zeit stehen, so senken sich die schweren Erythro- und Leukocyten nieder und der obere Teil des Tropfens enthält klares Plasma und die spezifisch leichten Thrombocyten, welche mit einem Deckgläschen abgenommen und unter dem Mikroskop untersucht, sowie weiter behandelt werden können.

Bei der zweiten, nicht so einfachen Methode (von Deetjen angegeben) wird ein kleines Tröpfchen Blut auf eine mit Kochsalz und Natriumphosphat versetzte Agaragarschicht gebracht. Hier halten sich die empfindlichen Gebilde lange Zeit und können auf dem heizbaren Objekttisch in ihren Lebensäußerungen beobachtet werden.



Fig. 151.

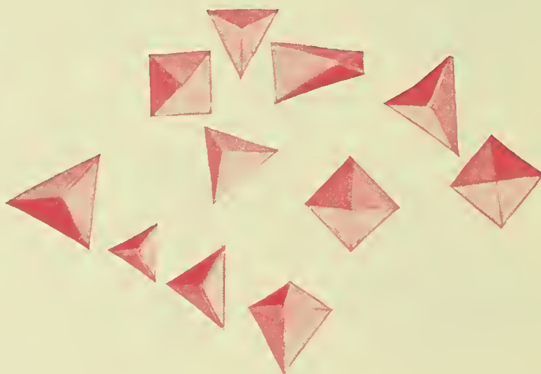


Fig. 152.

Fig. 151. **Hämoglobinkristalle** vom Menschen (unter Benutzung einer Figur von Schäfer).
Fig. 152. **Hämoglobinkristalle vom** Meerschweinchen (unter Benutzung einer Figur von Schäfer).

Man sieht in einem nach Deetjens Methode angefertigten frischen Präparat den Kern als grünlich-glänzenden Punkt; das Protoplasma sendet spitze Fortsätze aus und zieht sie wieder ein, man hat sogar eine, wenn auch geringe Ortsveränderung an den Blutplättchen beobachtet. Das Aussehen und die verschiedene Größe der Thrombocyten zeigt Fig. 148. Die in ihr abgebildeten Elemente sind vor der Fixierung dreißig Minuten lang nach Deetjens Methode von mir (Kopsch) beobachtet worden.

Ob die Thrombocyten des Menschenblutes den ebenso benannten kernhaltigen und die gleiche Funktion besitzenden Elementen niederer Tiere homolog sind, ist zwar noch nicht bewiesen, aber sehr wahrscheinlich.

Eine große Zahl von Autoren betrachtet die Blutplättchen als Abschnürungs- oder Zerfallsprodukte von roten oder weißen Blutkörperchen. (Arnold, E. Schwalbe u. a.) Weidenreich leugnet ebenfalls die Zellnatur der Blutplättchen; der von Deetjen u. andern als Kern gedeutete Zellinhaltskörper ist kein Kern sondern nur eine körnige basophile Masse. (Verhandl. anat. Ges. 1906.)



Fig. 153.
Häminkristalle, Teichmannsche Kristalle. (Unter Benutzung einer Figur von Schäfer).

5. Blutstäubchen (Hämoconien, Müller) und Fettröpfchen. Die im Blutplasma in wechselnder Menge vorkommenden Körnchen und Körnchenhaufen sind wohl keine selbständigen Elemente, wie Müller annimmt. Sie haben ein mattes Aussehen, und erwecken den Gedanken, es seien Trümmer zerfallener größerer Gebilde, etwa der Blutplättchen und Leukocyten. Indessen ist eine bestimmte Aussage hierüber zur Zeit nicht zu machen.

Die im Blutplasma vorhandenen Fettröpfchen sind am leichtesten abzuleiten aus dem Fett des sich in das Blut ergießenden Chylus- und Lymphstromes. Der Chylusstrom ist zur Zeit der Fettresorption im Darm ganz weiß infolge des aufgenommenen Fettes, indem Fettröpfchen an Fettröpfchen sich reiht. Mit dem

Lymphstrom gelangt er aber unmittelbar ins Blut; an der Mündungsstelle des Ductus thoracicus ergießt sich ein weißer Strom ins Venenblut. So wurde der Milchbrustgang am Hunde entdeckt, (Pecquet 1651). Im normalen Blut Erwachsener sind die Fettröpfchen an entfernteren Stellen allerdings nur spärlich nachzuweisen, im Blut saugender Kätzchen aber in ungeheuren Mengen (Hayem).

6. Blutkristalle: Es sind Kristalle bekannt von: 1. Haemoglobin, 2. Methaemoglobin, 3. Parahaemoglobin, 4. Haematin und Haemin, 5. Haemochromogen, 6. Haematoporphyrin, 7. Haematoidin, 8. Charcot-Leydensche Kristalle, 9. Blutserumkristalle, 10. Formalinpigmentkristalle.



Fig. 154.
Hämatoidinkristalle vom Menschen (unter Benutzung einer Figur von Schäfer).

Die bekanntesten sind: Haemoglobin-, Haemin- und Haematoidinkristalle.

Das Haemoglobin kristallisiert für jede Tierspezies in besonderer charakteristischer Form, beim Menschen in Säulen, beim Meerschweinchen in Tetraëdern, beim Eichhörnchen in hexagonalen Tafeln.

Haematin ist $C_{32} H_{32} N_4 FeO_4$, Haemin ist das Anhydrid des Haematins, es hat die Formel $C_{32} H_{30} N_4 FeO_3$. Haematin entsteht bei der Zersetzung des Blutes; es ist eine sehr beständige Verbindung, bildet mit vielen Säuren echte Salze. Die Salze des Haemins, deren Kristalle bekannt sind unter dem Namen Teichmannsche Kristalle, sind Haloidesterkristalle; sie bilden rhombische doppeltbrechende Täfelchen und Säulen bei guter Ausbildung, Eier-, Gerstenkorn-, Para-

graphenform bei schlechter Ausbildung. Ihre Farbe ist je nach dem Haloid verschieden, hellgraubraun bei Chlor, rötlichbraun bei Brom, schwärzlich bei Jod.

Ihre Form ist, wie im Gegensatz zu den Haemoglobinkristallen besonders betont werden muß, so übereinstimmend bei Tieren verschiedenster Art, daß man nicht einmal das Haemin der Wirbellosen von dem der Wirbeltiere kristallographisch unterscheiden kann.

Das Haematoidin (R. Virchow) kann sich überall dort bilden, wo aus der Gefäßbahn getretene Blutmassen im lebenden Organismus langsam eingedickt

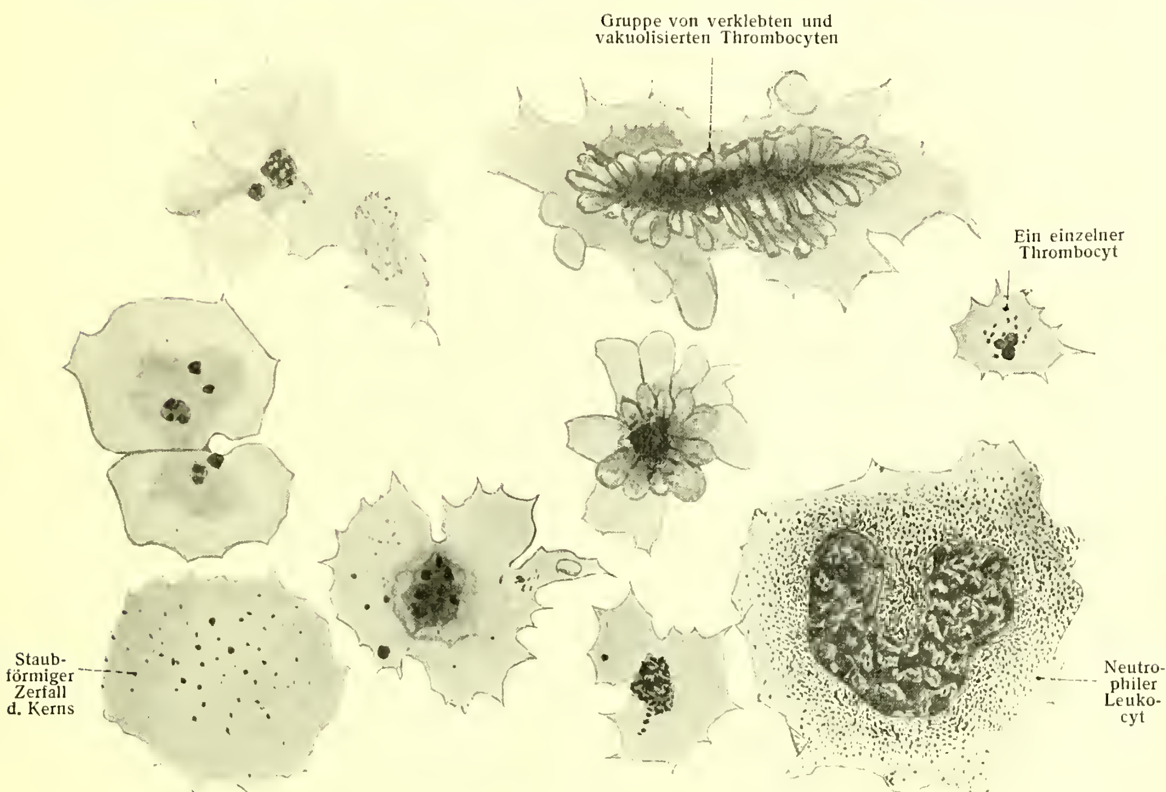


Fig. 155.
Veränderung der Thrombocyten des Menschenblutes im Anfang der Blutgerinnung. Rechts unten ein Leukocyt. 3200 : 1.

werden (z. B. im Gehirn, im Corpus luteum des Eierstockes, im Unterhautzellgewebe). Es bildet orangefarbige rhombische Täfelchen.

Die Charcot-Leydenschen oder Asthmakristalle entstehen bei gewissen Krankheiten aus zerfallenen Leukocyten. Es sind langgestreckte Doppelpyramiden mit geraden Kanten und scharfen Ecken.

Das Methaemoglobin ist eine feste Verbindung des Sauerstoffs mit Haemoglobin, es kristallisiert in braunroten Nadeln, Prismen etc. Parahaemoglobin entsteht aus dem Oxyhaemoglobin; es ist in Wasser unlöslich. Haemochromogen ist die gefärbte Atomgruppe des Haemoglobins, enthält Eisen, dagegen ist das rote Haematoporphyrin eisenfrei, Es entsteht im Organismus bei gewissen Vergiftungen. Das Serumalbumin ist zuerst von Gürber in Form hexagonaler Prismen erhalten worden, Formalinpigmentkristalle bilden sich aus dem Blutfarbstoff, wenn nicht ganz frische bluthaltige Organe längere Zeit in Formalin konserviert werden.[1])

1) H. U. Kobert, Über das mikrokristallographische Verhalten des Wirbeltierblutes. Mitteil. aus d. Institut für psysiol. Chemie etc. Rostock. Leipzig 1900.

Die Zahlenverhältnisse der Blutkörperchen sind außerordentlich wichtig, denn sie geben eine sichere Unterlage für die Beurteilung der Qualität des Blutes. Das Verhältnis der drei geformten Elemente des Blutes ist: 1. L.: 666 E.: 66 T., d. h. auf einen Leukocyten kommen 666 Erythrocyten und 66 Thrombocyten. Das Verhältnis des Blutplasmas zu den geformten Elementen ist folgendes: Ein Kubikmillimeter Blut enthält beim Mann 5 Millionen Erythrocyten, 5000—10000 Leukocyten, 500000 Thrombocyten.

Die Zahl der Erythrocyten unterliegt Schwankungen nach Geschlecht, Lebensalter, Körperbeschaffenheit, Tageszeiten. Beim Weibe sind 4,5, beim Manne 5 Millionen roter Blutkörperchen in 1 cmm enthalten. Diesen Unterschied sieht Grawitz als Anpassungserscheinung

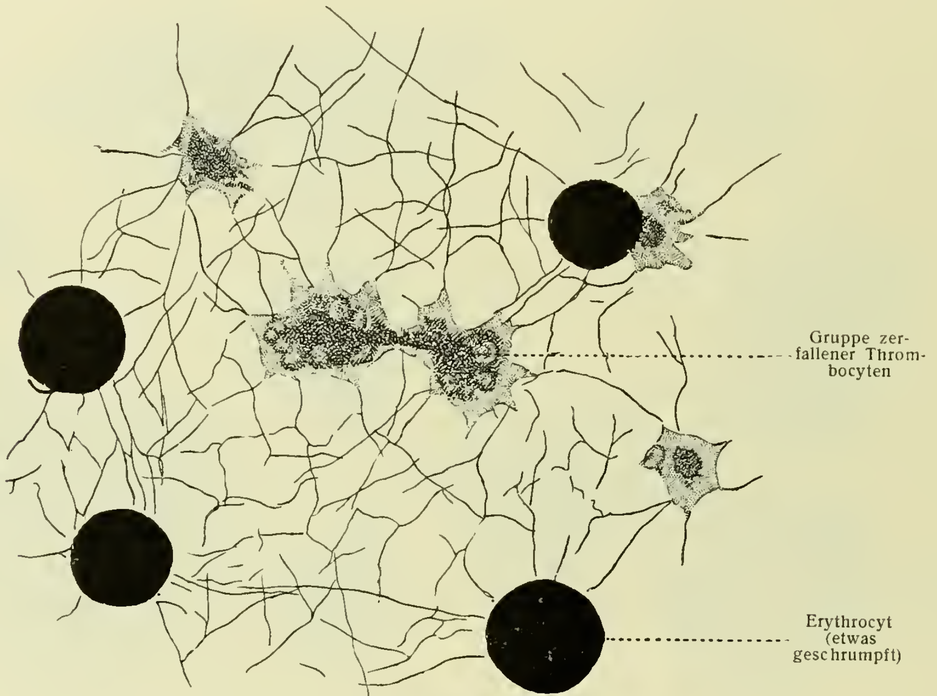


Fig. 156.
Fibrinnetz aus Menschenblut. 5 Minuten nach Anfertigung des Präparats. 3200:1.

an, hervorgerufen durch die im allgemeinen geringere körperliche Tätigkeit des Weibes; denn Menschen von kräftigem Körperbau besitzen im allgemeinen mehr Erythrocyten und außerdem bildet sich der Unterschied zwischen den Geschlechtern erst zur Zeit der Pubertät aus. Damit kommen wir zu den Verschiedenheiten, welche durch das Lebensalter bedingt sind. Beim Neugeborenen sind 6,9 Millionen Erythrocyten im cmm festgestellt worden. Innerhalb des ersten Jahrzehntes sinkt die Zahl bis auf 4,5 Millionen, nimmt im zweiten Jahrzehnt zu bis 5 Millionen, sinkt bei Weibern zur Zeit der Pubertät bis auf 4,5 Millionen, während sie beim Mann bis ins hohe Alter konstant bleibt. Die im Lauf des Tages eintretenden Schwankungen entsprechen den Zeiten der Nahrungsaufnahme, sie treten je nach der Menge der aufgenommenen Flüssigkeit in verschiedenem Maße ein und sind wohl wesentlich bedingt durch die Verminderung oder Vermehrung des Wassergehalts der Blutflüssigkeit.

Die Zahl der Leukocyten zeigt außer den Verschiedenheiten nach dem Lebensalter sehr erhebliche individuelle Unterschiede und in gewissem Maße Schwankungen entsprechend den Tageszeiten. Beim Neugeborenen sind in den ersten Tagen 18000 Leukocyten in 1 cmm gezählt worden. Innerhalb des ersten Jahrzehnts ist ihre Zahl 12900 (Schwinge). Im mittleren Lebensalter sind im Durchschnitt 7680 im cmm vorhanden, also je einer auf 666 Erythrocyten, wenn man mit Grawitz

den Durchschnittswert zu 7500 annimmt. Das Verhältnis der verschiedenen Leukocytenformen zu einander ist: Neutrophile 65—70 Proz., Lymphocyten 25 Proz., eosinophile und Übergangsformen 5—10 Proz.

Die Bestimmung der Thrombocytenzahl ist außerordentlich schwer bei der labilen Struktur dieser Elemente und ihrer Neigung zur Haufenbildung. Ihre Zahl ist nach Affanassiew 200000 bis 300000, Fusari 180000—250000, Preuß 500000, Brodie und Russel, Pratt 400000—500000 in 1 cmm.

Die mikroskopische Untersuchung der Gerinnung des Blutes zeigt, daß innerhalb der ersten 4—5 Minuten die Blutplättchen charakteristische Veränderungen erleiden, welche sowohl Zelleib wie Kern betreffen (Fr. Kopsch). Sie bestehen in bedeutender Volumenvergrößerung des Zelleibes unter Zerfall des Kerns in einzelne Körnchen. Die Massenzunahme des Zelleibes erfolgt durch Vakuolenbildung, so daß Haufen von Thrombocyten ein schaumiges Bild geben. Erst nach Ablauf dieser Veränderungen tritt die Fibrinbildung ein und damit die Gerinnung des Plasmas, die Scheidung in Fibrin und Serum. Das Fibrin erscheint in Gestalt feiner, teils glatter, teils mit Körnchen besetzter Fäden, welche strahlenartig an allen körperlichen Elementen ansetzen. Es entsteht so ein feines



Fig. 157.

Knochenmark (Katze, 3 Tage alt, Tibia). Retikulumfasern blau. (Nach Jackson). ca. 750:1.

zierliches Netz von Fibrinfäden, welches die zerfallenen Thrombocyten und die anderen geformten Blutelemente einschließt. Im weiteren Verlaufe zieht sich die Masse der Fäden zusammen und preßt das Serum heraus. Die Gerinnungszeit ist abhängig von der Temperatur und schwankt mit der Tageszeit (Bürker). Bei höherer Temperatur ist die Gerinnungszeit kürzer. Dagegen sind die Gerinnungszeiten bei verschiedenen Individuen an verschiedenen Tagen, bei annähernd gleicher Temperatur und gleicher Tageszeit nahezu gleich (Bürker). Die neueren Untersuchungen (Morawitz, Bürker) haben ergeben, daß die Gerinnung an den Zerfall der Thrombocyten geknüpft ist, wie es schon Bizzozero und andere gezeigt hatten.

Die Bildung neuer Blutkörperchen als Ersatz für die am Ende ihrer Lebensdauer verschwundenen oder auf andere Weise verloren gegangenen geformten Elemente findet statt an verschiedenen Orten.

Die farblosen Blutkörperchen entstehen in allen lymphatischen Organen (Lymphknoten Milz, Knochenmark) durch Teilung der vorhandenen Lymphzellen und Ausschwemmung in die Blutbahn durch den Lymphstrom.

Die Bildungsstätten der Thrombocyten sind noch nicht genau bekannt. Nach Beobachtungen von Czermak entstehen sie innerhalb der Follikel des Darms aus der Teilung lymphoider Zellen.

Die Bildung der Erythrocyten erfolgt im roten Knochenmark. Eine einheitliche Anschauung über ihre Entstehung, den Schwund des ursprünglich vorhandenen Kerns und andere Einzelheiten ist zur Zeit noch nicht vorhanden. Erschwert wird die Übersicht durch das verschiedene Material und die verschiedenen Methoden, mit welchen die einzelnen Autoren arbeiten. Sicher ist, daß im roten Knochenmark neben mehrkernigen Riesenzellen und Leukocyten sogenannte Markzellen vorkommen. Sie werden als haemoglobinfreie nnd haemoglobinhaltige unterschieden. Letztere haben radiäre Kernstruktur, zeigen Mitosen, schwanken sehr hinsichtlich der Größe (6—9 μ). Sie sind die Vorstufen der roten Blutkörperchen und werden Erythroblasten genannt. Die Kerne gehen verloren, bevor die Blutkörperchen in den Kreislauf gelangen. Nach einigen Autoren (Rindfleisch, Ehrlich, Maximow) wird der Kern in toto ausgestoßen, nach anderen (Neumann, Kölliker, Grawitz) schwindet er allmählich innerhalb der Zelle.

An welchen Stellen des Knochenmarkes sich die Erythroblasten befinden, ist ebenfalls noch unentschieden. Sehr ansprechend ist die Auffassung von Bizzozero und Denys, daß die Endothelzellen der venösen Kapillaren die Erythroblasten liefern (Fig. 158).

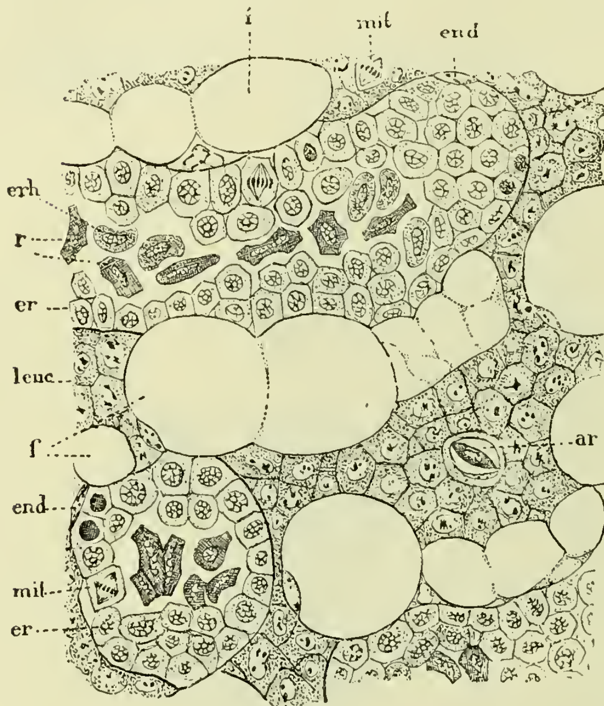


Fig. 158.

Teil eines Schnittes durch das **Knochenmark** aus der Tibia einer Taube (Nach Denys).

Der Schnitt trifft venöse Kapillaren im Längsschnitt (oben) und im Querschnitt (unten links). Die der Innenwand der venösen Kapillaren anliegenden Zellen sind die Bildungszellen der roten Blutkörperchen (Erythroblasten); die außerhalb der Gefäße liegenden Zellen sind die Bildungszellen farbloser Blutkörperchen (Leukoblasten). *er* Erythroblasten; *erh* hämoglobinhaltige, sich ablösende Erythroblasten; *r* rote Blutkörperchen; *end* Kerne der Endothelzellen der venösen Kapillaren; *mit* Kernteilungsfigur (bei Erythroblasten oder bei Leukoblasten); *leuc* Leukoblasten; *f* Fettkugeln in Fettzellen; *ar* arterielle Kapillare, in welcher ein rotes Blutkörperchen getroffen ist.

Erste Anlage des Blutes.

Man darf die Regeneration des Blutes in dem adenoiden Gewebe, im Knochenmark und im kreisenden Blut nicht verwechseln mit der ersten Anlage des Blutes im Embryo.

Was letztere betrifft, so kann man den allgemeinen Gedanken, der sich in dieser Anlage ausspricht, mit Ziegler folgendermaßen entwickeln: Das Blutgefäßsystem und das Lymphgefäßsystem gehen in der ersten Anlage aus Resten der primären Leibeshöhle (d. i. des Zwischenraumes zwischen den primären Keimblättern) hervor, welche bei der allgemeinen Ausbreitung des Bindegewebes, des Mesenchyms, zurückbleibend als Gefäße, Lakunen oder Interstitien, vom Mesenchym umschlossen und in dasselbe aufgenommen werden. Die Hohlräume des Gefäßsystems sind hiernach Spalten, welche bei der Anlage des Mesenchyms zwischen den Keimblättern frei bleiben. Diese Spalten werden dadurch abgegrenzt, daß benachbarte Mesenchymzellen sie allmählich einscheiden und sich zu einem Gefäßendothel umgestalten. Die geformten Elemente des Blutes und der Lymphe nehmen dabei ihren Ursprung von bestimmten Gebieten der Gefäßbahn, lösen sich ab und gelangen in den Kreislauf.

Andere Autoren sind der Ansicht, daß die Gefäßbahnen sich in Form von Zellensträngen innerhalb des Mesenchyms anlegen und erst nachträglich hohl werden. Hierbei tritt eine derartige Sonderung ein, daß die peripheren Zellen der Stränge sich zum Gefäßendothel umgestalten, während die inneren Zellen zu den Blutzellen des Embryos werden.

Mag man die eine oder die andere Ansicht bevorzugen, beide stimmen darin überein, daß sämtliche Gefäßanlagen innerhalb des Mesenchyms liegen. So ist es in der Tat mit allen Blutgefäßen und einem Teil der Lymphgefäße.

Ein anderer Teil der Lymphräume aber und gerade die ausgedehntesten haben dagegen einen anderen Ursprung: einmal die als Lymphraum zu betrachtende Leibeshöhle mit ihren verschiedenen Abschnitten, der Perikardial-, Pleura- und Peritonaealhöhle, welche als Teile der Urdarmhöhle zu beurteilen sind, ferner die Höhlen des zentralen Nervensystems, welche durch den Canalis neurentericus mit der Urdarmhöhle in Verbindung getreten sind. Man kann diese Räume als Urlymphräume den übrigen als sekundären Lymphräumen gegenüberstellen. Als Urlymphräume sind endlich alle jene Räume zwischen den primären Keimblättern zu bezeichnen, in welche das Mesenchym bei seiner Ausbreitung eingedrungen ist.

Lymphe.

Die Lymphe ähnelt einem Blute, welchem die roten Blutkörperchen genommen worden sind. Sie erscheint als eine klare, farblose oder auch milchige Flüssigkeit. Die milchige Beschaffenheit rührt her von unendlichen Mengen feinster Fettröpfchen. Von geformten Bestandteilen sind ferner Leukocyten, Lymphkörperchen, Lymphzellen vorhanden, nach einigen Autoren auch Vorstufen roter Blutkörperchen (Erythroblasten.) Die Lymphkörperchen stammen von den zahlreichen, bereits hervorgehobenen Brutstätten der Lymphkörperchen, ein Teil der erzeugten Lymphkörperchen gelangt ins Blut, ein anderer durchwandert als Wanderzellen die Gewebe. Das cytogene oder adenoide Gewebe verhält sich zu den Lymphkörperchen wie das rote Knochenmark zu den roten Blutkörperchen. Ob Lymphkörperchen in rote Blutköperchen sich umwandeln können, ist zweifelhaft. Den Blutplättchen entsprechende Gebilde sind in der Lymphe nicht vorhanden. Das Lymphplasma zeigt ebenfalls Fibringerinnung.

Literatur des Blutes.

I. Ehrlich und Lazarus, Die Anämie. Wien 1908. — Grawitz, Klinische Pathologie des Blutes. Berlin 1902. — Hayem, Leçons sur les maladies du sang. Paris 1900. — Norris, The Physiology and Pathology of the Blood. London 1882. — Schäfer, On the Structure of the Erythrocyte. Anat. Anz. Bd. XXVI. 1905.

II. Schwalbe, E., Untersuchungen zur Blutgerinnung. Braunschweig 1900. — Die Blutplättchen. Ergebn. der allgem. Pathologie etc. VIII. 1904. — Weidenreich, Die roten Blutkörperchen. Ergebn. der Anatomie etc. XIII. 1903; XIV. 1904. — Oppel, Unsere Kenntnisse von der Entstehung der roten und weißen Blutkörperchen. Zentralblatt allgem. Path. u. pathol. Anat. 1892.

III. Bizzozero, Über die Präexistenz der Blutplättchen etc. Virchow-Festschrift, Bd. I. Berlin 1891. — Brodie und Russel, The enumeration of blood-platelets. Journ. of physiol. Bd. 21. 1897. — Bürker, Blutplättchen und Blutgerinnung. Arch. ges. Physiol. Bd. 102. 1904. — Czermak, Lymphknötchen der Darmwand. Arch. mikr. Anat. Bd. 42. — Dekhuyzen, Über die Thrombocyten. Anat. Anz. Bd. 19, 1901. — Becherförmige rote Blutkörperchen (Chromocrateren). Anat. Anz. Bd. 15, 1899. — Deetjen, Untersuchungen über die Blutplättchen. Virchows Archiv. Bd. 164, 1901. — Die Hülle der roten Blutzellen. Ebenda. Bd. 165, 1901. — Heidenhain, M., Über die Oberflächenkräfte als Ursache der sogen. „Geldrollenform" der roten Blutkörperchen etc. Folia haematologica Jahrg. 1904. — Kopsch, Die Thrombocyten etc. Anat. Anz. Bd. 19, 1901. — Über den Kern der Thrombocyten. Internat. Monatsschr. Bd. 21, 1904. — Laker, Studien über die Blutscheibchen etc. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien 1882. — Mewes, Zur Struktur der roten Blutkörperchen etc. Anat. Anz. Bd. 23, 1903. — Morawitz, Beiträge zur Kenntnis der Blutgerinnung. Deutsches Arch. f. klin. Medizin Bd. 79, 1904. — Neumann, Knochenmark und Blutkörperchen. Arch. mikr. Anat. Bd. XII, 1876. — Pascucci, Die Zusammensetzung des Blutscheibenstromas etc. I, II. Beiträge zur chem. Physiol. u. Path. Bd. VI, 1905. — Pratt, Beobachtungen über die Gerinnungszeit des Blutes und die Blutplättchen. Arch. exper. Pathol. u. Pharmak. Bd. 49, 1903. — Rieder, Beiträge zur Kenntnis der Leukocytose. Leipzig 1892. — Schwinge, Untersuchungen über den HB.-Gehalt und die Zahl der roten und weißen Blutkörperchen in den verschiedenen menschlichen Lebensaltern. Pflügers Arch. Bd. 73. — Weidenreich, Über die Form der Säugererythrocyten etc. Folia haematologica 1905. — Einige Bemerkungen über die roten Blutkörperchen. Anat. Anz. 27. Bd. 1905. — Über die zelligen Elemente der Lymphe und der serösen Höhlen. Verh. anat. Ges. 505, 1907. — Zietzschmann, Über die acidophilen Leukocyten (Körnerzellen) des Pferdes. Internat. Monatsschrift f. Anat. u. Phys. Bd. 22, 1905.

3. Das Muskelgewebe.

Das Muskelgewebe besteht aus einzelnen kontraktilen Elementen, Muskelfasern.

In der Muskulatur ist die Eigenschaft der Kontraktilität des Protoplasmas in höchster Steigerung zum Ausdruck gelangt.

Man unterscheidet drei Arten:

1) Gestreifte (willkürliche, animale) Muskelfasern. In der gesamten willkürlich beweglichen Muskulatur und an anderen Stellen (s. w. unten).

2) Glatte (vegetative) Muskelfasern. Im Respirations-, Verdauungs-, Urogenitaltraktus in der Wand der Blutgefäße und in der Haut.

3) Herzmuskelfasern, nur in der Muskelwand des Herzens.

1. Die einzelne gestreifte Muskelfaser besteht aus Sarkolemm, Sarkoplasma, kontraktiler, in Fibrillen angeordneter Substanz und zahlreichen Kernen.

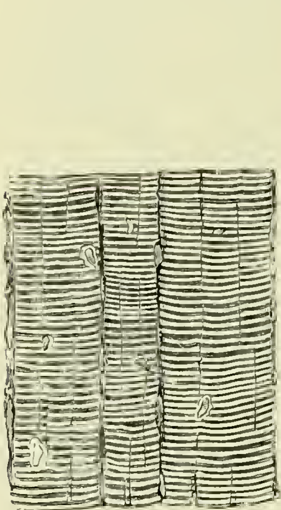


Fig. 159.

Gestreifte Muskelfasern. 400 : 1. Man sieht die Querstreifung deutlich, die Längsstreifung an einzelnen Stellen angedeutet. An den Rändern der Bündel erscheint der Umriß des Sarkolemmschlauches; die Muskelkerne leuchten an verschiedenen Stellen durch.



Fig. 160.

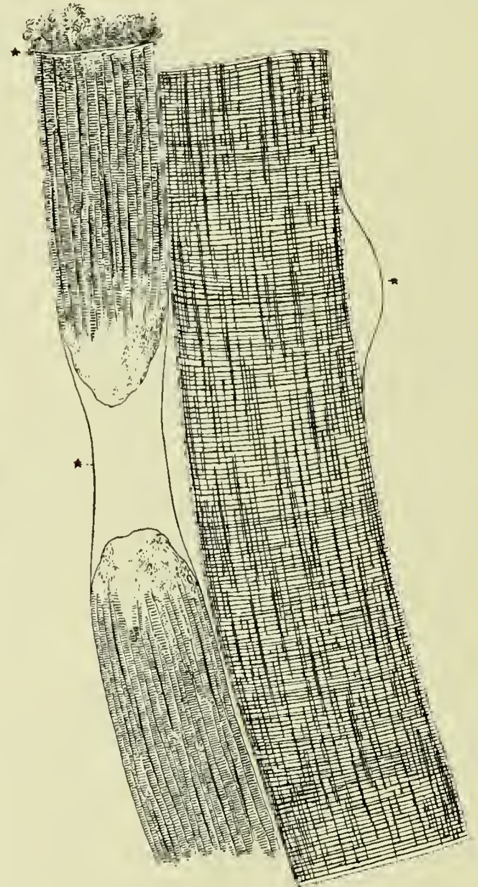


Fig. 161.

Fig. 160. **Muskelfibrillen.** Isolationspräparat. 500 : 1.

Fig. 161. **Sarkolemmpräparat.** Frische gestreifte Muskelfasern vom Frosch; zerzupft und mit Wasser eingedeckt. Die Sterne bezeichnen die Stellen, an welchen das Sarkolemm sichtbar ist.

Der Gestalt nach ist die gestreifte Muskelfaser eine langgestreckte Säule von unregelmäßig rundlichem Querschnitt. Die Enden sind entweder abgerundet oder kegelförmig oder abgestumpft. Verzweigungen sind nicht häufig; in sehr ausgebildeter Weise aber sind solche in der Zungenmuskulatur vorhanden.

Ihre Länge kann bis 12 cm betragen. Die Dicke schwankt zwischen 30 und 70 μ. In einem und demselben Muskel liegen Fasern sehr verschiedener Dicke beisammen. Die Anzahl Fasern in bestimmten Muskeln betreffend, sei hervorgehoben, daß der M. omohyoideus eines kräftigen neugeborenen Kindes 20808 Fasern hatte, während derselbe Muskel bei einem muskelschwachen Manne nur 14251 Fasern enthielt (Riedel).

Jede Faser ist von einer feinen durchsichtigen Hülle umgeben, welche nach älterer Ansicht den Wert einer Zellmembran hat und keine Kerne zeigt: Sarkolemm Fig. 161.

Infolge seiner Durchsichtigkeit ist es am frischen und konservierten Präparat nur bei Anwendung besonderer Methoden sichtbar zu machen. Bei der frischen Faser tritt manchmal als Folge mechanischer oder osmotischer Verhältnisse eine Zerreißung des Inhalts ohne Verletzung des Sarkolemms ein. Alsdann sieht man es den Zwischenraum überbrücken, oder es hebt sich blasig ab wie in Fig. 161 rechts. Auch an den abgeschnittenen Enden der einzelnen Faser kann man es als nach außen umgerollte Hülle sehen.

Das auffallendste Merkmal dieser Muskelfasern ist die quere Streifung; dunkle und helle Querbänder wechseln miteinander ab. Die hellen Streifen lassen das Licht durch, sie sind isotrop oder einfach-brechend, die dunklen sind doppelt-brechend, anisotrop. Diese Querstreifung wird hervorgerufen durch eine besondere Beschaffenheit der vielen, jede Muskelfaser zusammensetzenden Muskelfibrillen. (Fig. 160) Die Fibrillen werden zusammengehalten durch das Protoplasma der Muskelfaser, welches Sarkoplasma oder Sarkoglia genannt wird. In dieser Substanz liegen die zahlreichen länglichen Kerne, beim Menschen und den Säugern dicht unter dem Sarkolemm, in gewissen Abständen. Gewöhnlich entspricht jedem Kern eine etwas größere Sarkoplasma-Anhäufung, welche auch Pigmentkörner führen kann; oder feine körnige Streifen liegen in der Fortsetzung des Kerns. In dem Sarkoplasmastreifen können ferner Reihen von Körnchen, interstitielle Körner vorkommen. Die Gesamtheit der Fibrillen einer Faser hat den Namen Rhabdia erhalten (Kühne).

Eine größere oder geringere Anzahl von Fibrillen wird durch Sarkoplasma zusammengehalten und ist durch größere Mengen desselben von benachbarten Fibrillenbündeln getrennt. Dadurch entsteht ein zierliches Querschnittsbild der einzelnen Muskelfaser, auf welchem die einzelne Fibrille als Punkt, eine Gruppe als kleines Feld erscheint. Sie sind als Cohnheimsche Felder bekannt. Fig. 163.

Der Kernreichtum ist nicht in allen Muskelfasern gleich. Bei manchen Tieren, z. B. Kaninchen[1]) lassen sich zweierlei Arten gestreifter Muskeln nachweisen: rote (z. B. Semitendinosus, Soleus) nnd weiße (z. B. Adductor magnus). In den roten ist die Querstreifung minder regelmäßig, die Längsstreifung deutlicher: zugleich besitzen sie eine große Anzahl rundlicher Kerne, von welchen ein Teil auch in der Tiefe der Fasern liegt (Fig. 162). Auf elektrische Reizung ziehen sich die roten Muskeln langsamer zusammen, als die weißen. Während bei einigen Tierspecies jede Faserart zu besonderen Muskeln zusammentritt,

1) W. Krause, Anatomie des Kaninchens.

finden sich bei anderen Tieren und beim Menschen beide Faserarten in demselben Muskel gemischt vor.

Was nun die Schichtung einer Muskelfaser und seiner Fibrillen betrifft, so gibt Fig. 159 hiervon nur eine einfache, schwacher Vergrößerung entsprechende Anschauung von der Zusammensetzung aus isotroper und anisotroper Substanz.

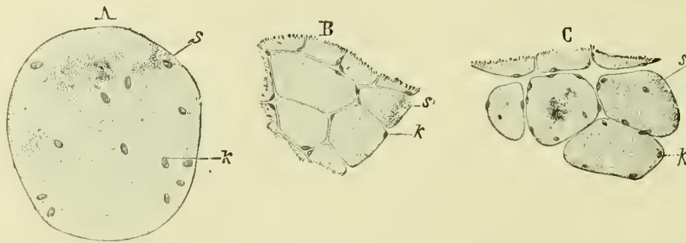
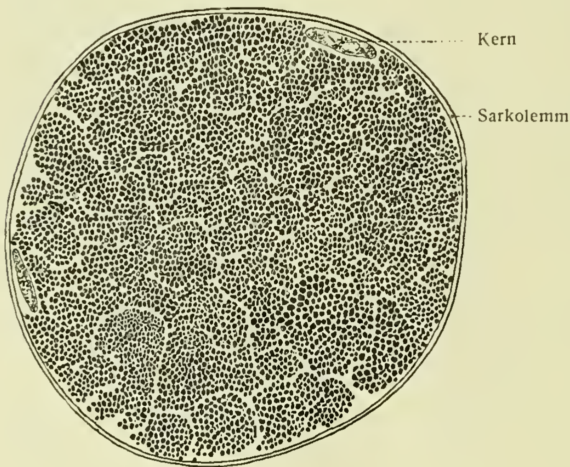


Fig. 162.

Lage der Kerne auf dem Querschnitt der gestreiften Muskelfaser. Querschnitte der getrockneten Fasern. Pikrokarmin, Glycerin, mit Zusatz von Ameisensäure. *A* aus dem M. sartorius des Frosches; *B* aus dem M. adductor magnus des Kaninchens (weißer Muskel); *C* aus dem M. semitendinosus desselben Tieres (roter Muskel). 100 : 1. *k* Kern; s Sarkolemm. (Kopie aus Ranvier, Traité technique).

Die feinere Untersuchung an geeignetem Material zeigt innerhalb dieser beiden Substanzen noch weitere Einzelheiten. In der isotropen hellen Substanz bemerken wir eine dunkle (Krausesche) Querlinie (Fig. 164), welche erstere in zwei



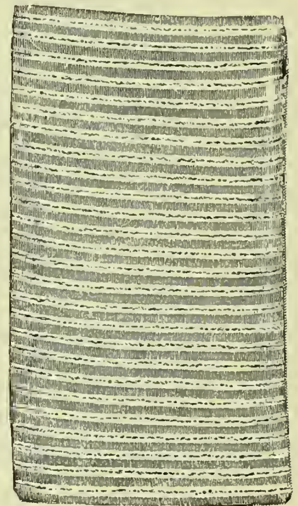


Fig. 163. Fig. 164.

Fig. 163. Querschnitt einer gestreiften Muskelfaser. **Cohnheimsche Felder** (aus dem M. levator veli palatini des Menschen).

Fig. 164. Teil einer **menschlichen Muskelfaser** von mittlerer Größe (nach Sharpey), an welcher die Krause sche Querlinie zu sehen ist.

Hälften trennt. Die anisotrope, dunkle Substanz dagegen wird durch eine helle Linie, die Hensensche Mittelscheibe, in zwei Hälften geteilt und zu beiden Seiten der dunklen Krauseschen Querlinie können noch die Engelmannschen Nebenscheiben vorhanden sein.

Dieselbe Gliederung gilt natürlich auch für die einzelne Fibrille. (S. Fig. 165.)

Ein einzelnes Muskelelement enthält also der Reihe nach folgende 8 Stücke:

1. Engelmannsche Nebenscheibe,
2. isotrope Substanz,
3. anisotrope Substanz,
4. Hensensche Mittelscheibe,
5. anisotrope Substanz,
6. isotrope Substanz,
7. Engelmannsche Nebenscheibe,
8. Krausesche Querlinie.

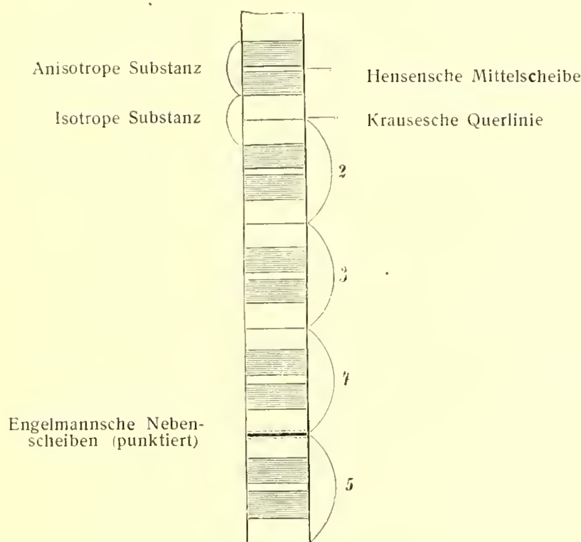


Fig. 165.

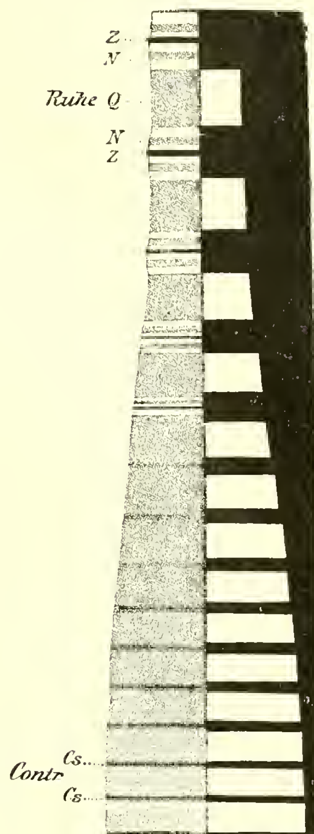


Fig. 166.

Fig. 165. **Schema der Gliederung einer Fibrille.** 2—5: Muskelelemente.

Fig. 166. Muskelfasern von Telephorus melanurus in gewöhnlichem Licht links, in polarisiertem Licht rechts; das obere Ende der Fasern in ruhendem, das untere in kontrahiertem Zustande. (Nach W. Engelmann).

Was nun die Leistung dieser Gliederung betrifft, so beruht die infolge einer Reizung stattfindende Kontraktion darauf, daß die Substanz der hellen Querscheiben mehr oder weniger ergiebig in die Substanz der benachbarten dunklen Querscheiben eindringt und letztere dadurch in die Breite ausdehnt, ohne ihre Höhe besonders zu verändern. Die Fibrillle wird dadurch kürzer, aber breiter. Die hellen Querbänder können so fast zum Verschwinden gebracht, die dunklen Querbänder einander fast bis zur Berührung genähert werden. Der gleiche Vorgang wiederholt sich an allen entsprechenden Abschnitten einer Fibrille, alle Fibrillen einer Faser wiederholen dasselbe; so setzt sich die Wirkung einer einzigen Muskelfaser aus Millionen minimaler Wirkungen zusammen, und man begreift, daß ein ganzer Muskel schon eine sehr bedeutende Leistung auszuführen vermag. Wie die Reizung diesen Substanzübertritt bewirkt, wie sich der Rücktritt bei nachlassender Kontraktion vollzieht, ist nicht mit Sicherheit zu sagen. Man befindet sich dabei schon ganz auf molekularem Gebiet.

Das einzelne kontraktile Element kann man folglich entweder als ein Fibrillenstück auffassen, welches entsprechend den Stücken 1—8 zwischen je zwei Krauseschen Querlinien liegt, oder als ein Stück, welches von einer Krauseschen Querlinie bis zu einer Hensenschen Mittelscheibe reicht; denn ersteres ist, funktionell betrachtet, bereits ein Doppelelement.

Werden die Muskelfasern und Fibrillen im polarisierten Licht untersucht, so erscheinen bestimmte Teile einfachbrechend, andere doppeltbrechend. Im einfachsten Fall wechseln doppeltbrechende (anisotrope) dunkle Scheiben mit einfachbrechenden (isotropen) hellen Scheiben ab. Die Querlinie, wo sie vorhanden ist, verhält sich anisotrop, isotrop die Nebenscheiben. Nach E. Brücke,

welcher die doppeltbrechende Eigenschaft der dunklen Glieder der Muskelfasern entdeckte, stellt jedes dunkle Glied einer Fibrille eine ganze Gruppe kleiner doppeltbrechenden Körper dar, welche er mit dem Namen Disdiaklasten bezeichnet.

Unter besonderen Verhältnissen, wie durch Wasser, durch die Einwirkung des Magensaftes, verdünnter Salzsäure, schwachen Alkohols, geeigneten Druckes etc. zerlegen sich die Fibrillen in immer zwischen zwei dunklen Abschnitten gelegene Stücke: Fleischelemente von Bowman (sarcous elements). Eine ganze Muskelfaser kann durch verdünnte Salzsäure in entsprechende Fleischscheibchen (Bowman disks) zerlegt werden. Werden dagegen die seitlichen Verbindungen der Fibrillen gelöst, wie durch verdünnte Chromsäure, so erhalten wir isolierte Fibrillen. Eine Zerlegung nach beiden Richtungen ergibt die Bowmanschen sarcous elements.

Die chemische Untersuchung der Muskeln hat zunächst gelehrt, daß in ihnen alle früher erwähnten primären Bestandteile der Zelle enthalten sind. Unter diesen ist Eiweiß in großer, Nucleïn in sehr kleiner Menge enthalten, daneben auch Hypoxanthin und Xanthin, Lecithin, Cholesterin. An unorganischen Stoffen ist Kalium, Magnesium, Calcium, Eisen, Phosphorsäure vorhanden. Sekundäre Bestandteile finden sich in großer Anzahl vor: Blutfarbstoff, eine keratinoïde Substanz (vom Sarkolemma), lösliche Fermente, Kreatin, Kreatinin, Karnin, Guanin, Harnsäure, Harnstoff; Taurin und Glykokoll; Inosinsäure, Protsäure, Glykogen, Dextrin, Zucker, Scyllit, Inosit, Milchsäure und Kochsalz (A. Kossel).

Der Tod hat chemische Veränderungen der Eiweißsubstanz im Gefolge, welche unter Säurebildung die letzte, langdauernde und starke Kontraktion der Muskeln, auch der glatten, hervorrufen, die sogenannte Totenstarre. Sie kann auch in einzelnen Muskeln eintreten, wenn die Blutzufuhr zu ihnen abgeschnitten wird.

Der lebende ausgeruhte Muskel, der gestreifte und der glatte, reagiert neutral oder schwach alkalisch. Infolge der Tätigkeit tritt saure Reaktion auf (E. du Bois-Reymond).

Über das Vorkommen der Muskulatur im Körper ist hervorzuheben, daß, während die einkernige Form des gestreiften Muskelgewebes nur im Herzen vertreten ist, die vielkernige ein sehr ausgedehntes Verbreitungsgebiet besitzt. Vor allem findet sie sich vor als Hauptbestandteil aller Skeletmuskeln, in der Umgebung des Augapfels, am Gehörorgan, an beiden Enden des Verdauungskanales, am Anfang des Atmungsapparates, an den Harn- und Geschlechtsorganen. Doch ist zu bemerken, daß in der Verteilung der verschiedenen Muskelarten im Reich der Tiere sehr große Unterschiede vorkommen. Wie die vergleichende Gewebelehre nachweist, gibt es noch andere Formen der Muskulatur. Doch kann auf diesen umfassenden Gegenstand hier nicht genauer eingegangen werden.

Die gesamte vielkernige, willkürliche Muskulatur stammt, abgesehen von einem Teil der Kopfmuskeln, von den Ursegmenten des mittleren Keimblattes. Die erste Anlage ist für diese, wie für jene, eine aus Reihenzellen, bestehende. Aus diesen, mitotisch sich reichlich vermehrenden Zellen gehen die vielkernigen Muskelfasern in der Weise hervor, daß die Mitosen sich immer weiter fortsetzen, während die Zellteilung unterbleibt: es kommt so zur Ausbildung von Plasmodien, vielkernigen Zellen. Die Fibrillenbildung in den jungen Muskelzellen erfolgt schon frühzeitig und in geregelter Weise, bis endlich die Hauptmasse des Protoplasmas in der Fibrillenbildung aufgegangen ist.

Die Vermehrung schon ausgebildeter Muskelfasern erfolgt durch Längsteilung, indem eine oder zwei Längsfurchen tiefer und tiefer einschneiden und endlich eine Abtrennung erfolgt. Reichliche, in Reihen erfolgende Kernvermehrung läuft diesem Vorgang voraus.

Solche Längsteilungen kommen schon in embryonaler Zeit vor, erhalten sich beim Neugeborenen und setzen sich in späteren Lebensjahren fort. Vielleicht geht diese Art der Neubildung einher mit einem in gewissen Grenzen stattfindenden Untergang von Muskelfasern durch Zerfall.

Verwundete Muskelfasern können in der Weise zur Regeneration gelangen, daß nach anfänglichem Zerfall von Teilen der Faser das Sarkoplasma mit seinen Kernen in lebhafte Tätigkeit eintritt und beide sich vermehren. In der neugewonnenen Protoplasmamasse tritt sodann wieder eine Fibrillengliederung auf. Bei größeren Substanzverlusten aber bildet sich eine bindegewebige Narbe (Sokolow).

2. Die glatten Muskelfasern sind spindelförmige Zellen von 100—200 μ durchschnittlicher Länge und 4—6 μ Breite. Als Extreme führt Kölliker, welcher die glatten Muskelzellen entdeckt hat, 22 und 560 μ Länge an. Eine Zellmembran fehlt, an ihre Stelle tritt eine Randschicht des Protoplasmas. Die Ränder der Zelle sind glatt, vielleicht fein kanneliert. Der Zellkörper zeigt in vielen Fällen eine feine, mehr oder weniger ausgesprochene Gliederung in dicht bei einander liegende Längsfibrillen, welche an den sich verjüngenden Zellenden nach und nach auf-

hören. Auf dem Querschnitt treten die Fibrillen als dicht gelagerte Punkte hervor. Die Substanz, welche zwischen den Fibrillen liegt, ist Sarkoplasma.

In der Mitte der Zelle liegt ein langovaler, stäbchenförmiger Kern; in längeren Fasern deren zwei oder drei. An den Kernpolen findet sich eine kleine Ansammlung feinkörnigen Protoplasmas. Im Kern, welcher ein mehr oder weniger deutliches Chromatinnetz zeigt, liegen ein, zwei oder mehrere Nucleolen.

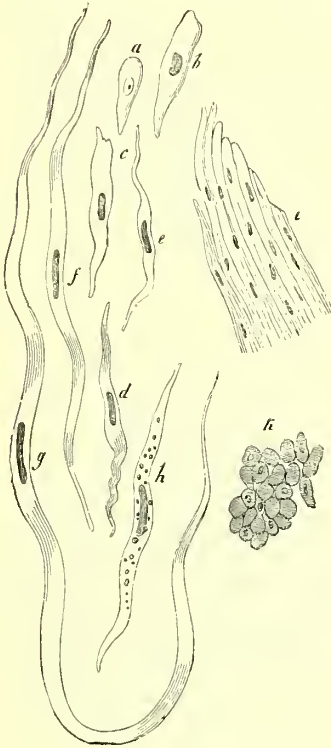


Fig. 167.

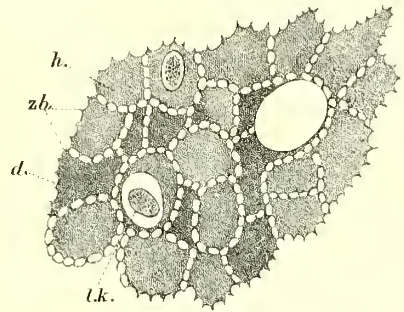


Fig. 168.

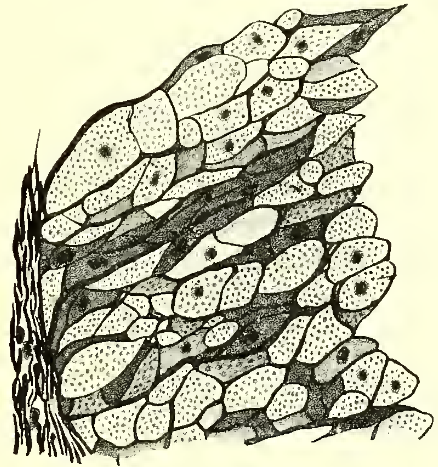


Fig. 169.

Fig. 167. **Glatte Muskelfasern** des Menschen und der Säugetiere. *a* eine Bildungszelle aus der Magengegend eines zweizölligen Schweinsembryos; *b* eine weiter vorgerückte; *c—g* verschiedene Formen der glatten Muskelfasern des Menschen; *h* eine mit Fettkörnchen versehene; *i* ein Bündel glatter Muskelfasern; *k* Querschnitt durch ein Bündel glatter Muskelfasern von der Aorta des Ochsen mit vielen in die Schnittebene gefallenen Kernen.

Fig. 168. **Interzellularbrücken glatter Muskelfasern.** Querschnitt durch die Längsmuskulatur eines makroskopisch normal aussehenden kontrahierten Dünndarmstückes des Hundes. (Von Klecki und Barfurth.) *h* hell, *d* dunkel gefärbte Zellen; *lk* Lymphkörperchen; *zb* „Zellbrücken".

Fig. 169. Aus einem Längsschnitt durch die äußere Schicht der Media der Carotis des Rindes, welche $5^1/_2$ Stunden nach dem Tode des Rindes fixiert wurde, nachdem sie durch Kälte zu starker Kontraktion gebracht war. Die hellen Zellen sind als tätige (kontrahierte), die dunkeln als ruhende Zellen zu deuten. (B. Henneberg, 1901.)

Bei dichter Aneinanderlagerung vieler Muskelzellen zu größeren Bündeln und Häuten platten sich die einzelnen Elemente ab und werden zu mehrseitigen Prismen, welche der Querschnitt als kleinere oder größere, oft sehr regelmäßige polygonale Felder nachweist (Fig. 169). Zwischen ihnen befindet sich Bindegewebe, welches die einzelnen Elemente umscheidet, sie zusammenhält und sie von einander trennt. Dies schließt nicht aus, daß feine Spalten übrig bleiben, welche scheinbar

von Protoplasmafortsätzen der Zellen, jedenfalls von Zellbrücken durchsetzt werden. Größere Lücken sind durch reichlichere Mengen von Bindegewebe, durch Blutgefäße, Nerven etc. eingenommen.

Eine außerordentlich bequeme und schöne Methode zur Darstellung der bindegewebigen Scheiden ist die Trypsin-Verdauuug, welche zu diesem Zweck von Hoehl und Henneberg angewendet worden ist. Nach ihrer Anwendung bleibt nur das collagene Bindegewebe übrig. Es bildet um die Muskelfasern ein aus feinen Fäserchen bestehendes Netz, dessen Dicke und Maschenweite bei den einzelnen Formen der Muskelfasern verschieden ist, derart, daß in der glatten Muskulatur die Fasern am stärksten

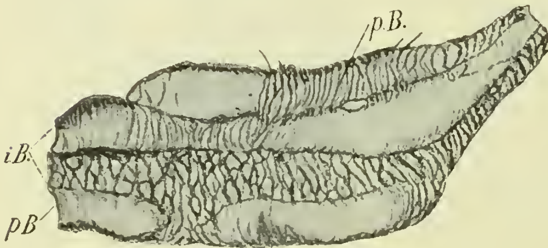


Fig. 170.

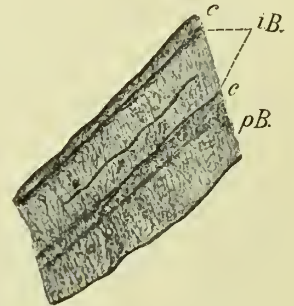


Fig. 172.

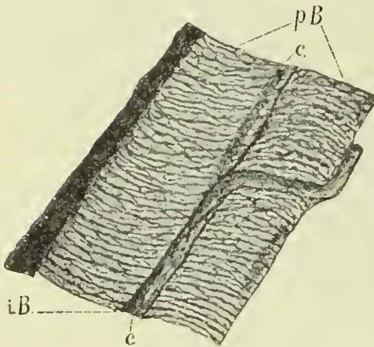


Fig. 171.

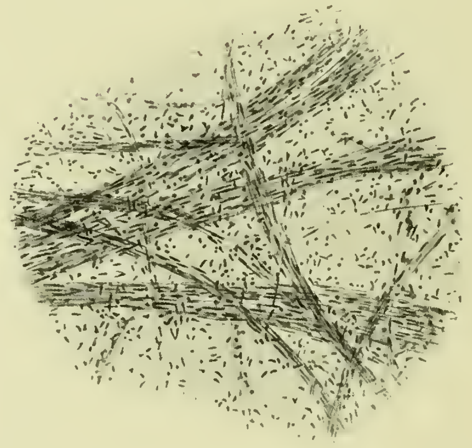

Fig. 173.

Fig. 170. **Scheiden der Dünndarmmuskulatur.** Fig. 171. **Extremitätenmuskulatur.**
Fig. 172. **Herzmuskulatur.** *c* Kapillare; *i.B.* interfibrilläres Bindegewebe; *p.B.* perifibrales Bindegewebe (Höhl).
Fig. 731. **Netz glatter Muskelfasern** aus der Froschharnblase.

und die Maschen am gröbsten sind; darauf folgt die Extremitäten-Muskulatur und zuletzt die des Herzens, mit so feinem Gefüge, daß auch der ungefähren Wiedergabe die größten Schwierigkeiten erwachsen. Fig. 170—172.

Im polarisierten Licht zeigt sich die glatte Muskelzelle als positiv einaxig doppeltbrechend, die Axe parallel der Längsaxe der Zelle.

Glatte Muskulatur ist im Körper in großer Menge vorhanden, sei es in Form von dichten Häuten, deren Schichten verschiedene, in der Regel senkrecht zueinander gestellte Richtung der Muskelfasern aufzuweisen pflegen, sei es in Form von Bälkchen und Netzen oder mehr kompakten Massen.

Ein merkwürdiges Beispiel von normaler hochgradiger Hypertrophie und nachfolgender, ebenso ausgiebiger Rückbildung zeigt die Muskulatur des Uterus bei der Entwicklung und nach der Ausstoßung des Fetus.

Der Ursprung der glatten Muskulatur ist zum überwiegenden Teil mesodermal d. h. mit der Bindesubstanz gemeinsam.

In den Knäueldrüsen und an den primitiven Bronchien scheinen jedoch dort ektodermale, hier entodermale Epithelien glatten Muskelzellen den Ursprung zu geben (Kölliker, Stieda): ebenso beim M. sphincter (Nußbaum) und beim M. dilatator pupillae.

Die Vermehrung der glatten Muskelzellen geht auf mitotischem Wege vor sich, wobei Kernteilung nicht immer von Zellteilung gefolgt ist (mehrkernige glatte Muskelzellen). Auf demselben Wege werden auch durch Verwundung gesetzte Defekte ersetzt.

Die isolierte Carotis des Rindes behält ihre Kontraktionsfähigkeit unter günstigen Bedingungen bis 6 Tage nach dem Tode des Tieres. Die dunklen Zellen sind als ruhende, die hellen dagegen als tätige, kontrahierte Elemente zu deuten. (Fig. 169).

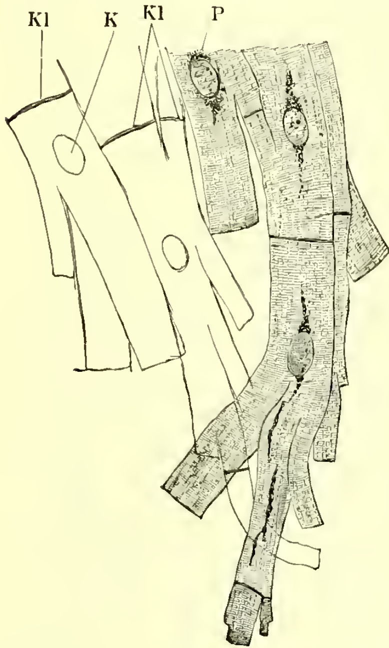


Fig. 174.

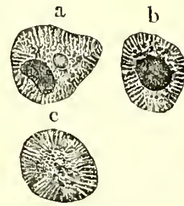


Fig. 175.

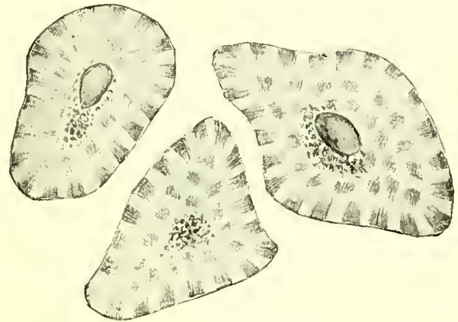


Fig. 176.

Fig. 174. **Frischer Herzmuskel** des Menschen zerzupft in Jodserum. *K* Kern; *Kl* Kittlinie; *P* Pigmentanhäufung. (Aus Schiefferdecker und Kossel, Gewebelehre.)

Fig. 175. **Querschnitte von Herzmuskelzellen des Menschen.** 700 : 1. *a* zeigt einen Kern mit einigen Fäden und ein Pigmenthäufchen; *b* einen Kern; *c* keinen Kern, dafür aber sehr deutlich die inneren Fibrillenbündel.

Fig. 176. **Herzmuskelzellen des Erwachsenen.** Ouerschnitt. Ventr. sin. (R. Minervini.)

B. Henneberg, Ruhende und tätige Muskelzellen in der Arterienwand. Anat. Hefte, 1901. Derselbe, Das Bindegewebe in der glatten Muskulatur und die sog. Interzellularbrücken. Anat. Hefte, 1900. In der Muskulatur des Darmes verschiedener Tiere tritt das Bindegewebe in Gestalt durchlöcherter Membranen auf. Die Löcher können in regelmäßigen Längsreihen angeordnet sein. Dadurch wird anscheinend die Zirkulation des Gewebesaftes erleichtert. Bezüglich der „Interzellularbrücken" an glatten Muskelfasern schließt sich H. ganz der Anschauung von Schaffer, Volpino, v. Lenhossék an, wonach es sich bei den Fortsätzen um Schrumpfungserscheinungen handelt. — J. Schaffer, Zur Kenntnis der glatten Muskelzellen, insbesondere ihrer Verbindung. Zeitschr. f. wiss. Zool., 1899, Bd. 66.

3. Die Herzmuskelfasern oder Herzmuskelzellen sind kurze quergestreifte zylindrische Elemente mit äußerst feinem Sarkolemm. Die 2—9 Kerne liegen in der Zellaxe, nicht wie bei der Skeletmuskulatur dicht am Sarkolemm. Die Querstreifung ist bedeutend feiner als bei der gestreiften Rumpfmuskulatur.

Eine feine Längsstreifung deutet die Zusammensetzung aus Fibrillen an. Die Endflächen der Zellen sind treppenartig abgestuzt, stehen aber im ganzen quer zur Längsaxe der Faser. Seitliche Fortsätze hängen durch ebenfalls gezackte und treppenförmig gestaltete Endflächen mit benachbarten Zellen oder ihren Fortsätzen zusammen. An der Vereinigungsstelle liegt eine dünne Lage einer besonderen Substanz, welche früher als Kittsubstanz, jetzt als Zuwachsstreifen (M. Heidenhain) bezeichnet wird. Durch diese vielfältigen Verästelungen und Verbindungen entsteht ein muskulöses Netz mit sehr spitzwinkeligen Maschen.



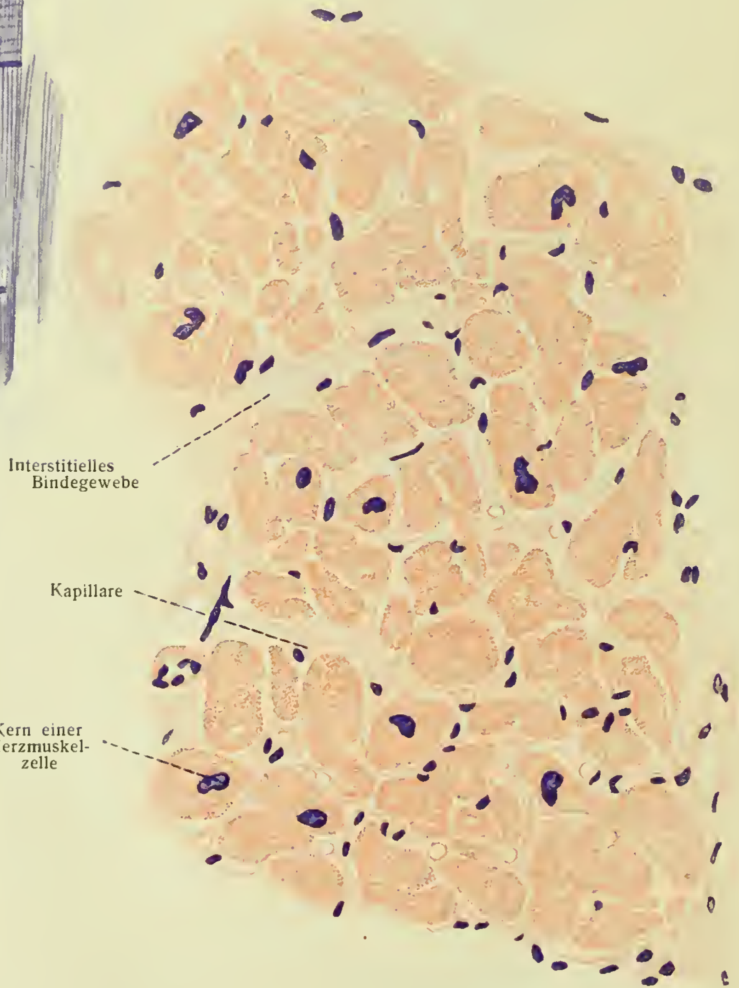


Fig. 177. Fig. 178.

Fig. 177. **Längsschnitt des Herzmuskels vom Menschen.** (Nach M. Heidenhain, Anat. Anz. XX, 1901.)

Fig. 178. **Querschnitt durch Herzmuskel vom Menschen.**

Die ellipsoidischen Kerne liegen in der Zellaxe, innerhalb einer spindelförmigen, größeren Menge von Sarkoplasma, welche schon bei jungen Personen ein körniges gelbbraunes Pigment enthält. Der Zellkörper besteht aus quergestreiften Fibrillen, welche von Sarkoplasma umgeben werden und sich dem feineren Baue nach ebenso verhalten, wie die Fibrillen der Rumpfmuskulatur. Doch ist zu bemerken, daß die Fibrillen zu Bündeln von teils prismatischer, teils bandförmiger Gestalt zusammengefügt sind. Die bandförmigen Fibrillenbündel liegen in der Peripherie und in radiärer Ordnung zur Zellaxe; die prismatischen liegen in der Nähe der Zellaxe und sind von den anderen umgeben (Fig. 175, 176).

Der Ursprung der Herzmuskulatur ist die Splanchnopleura (das viscerale Blatt der Seitenplatten des Mesoderms).

Das Nervengewebe.

Das Nervengewebe besteht aus zweierlei Formelementen

1. Nervösen Elementen, Neuronen[1]) (Waldeyer)
2. Stützzellen, Neuroglia- oder kurz Gliazellen (R. Virchow).

1. Die Neuronen.

Definition: Das Neuron ist eine Nervenzelle mit allen ihren Ausläufern und deren Endigungen.

Als Nervenzellen schlechthin bezeichnet man den Zellkörper des Neurons und die Anfänge seiner Ausläufer.

Nervenzellen kommen namentlich im Zentralnervensystem, aber auch reichlich im Verlauf sowohl cerebro-spinaler als sympathischer Nerven, und auch in der äußersten Peripherie des Körpers vor.

Die vom Zellkörper ausgehenden Fortsätze unterscheidet man als:

a) Dendriten oder Protoplasmafortsätze. Sie sind oft sehr zahlreich, und verzweigen sich, wie ihr Name besagt, in reicher Weise, und zwar meist dichotomisch in der näheren Umgebung des Zellkörpers.

b) Der Neurit, auch Nervenfortsatz oder Axenzylinderfortsatz genannt, ist meist nur in der Einzahl vorhanden. Er verästelt sich bei manchen Zellarten ebenfalls in der Nähe des Zellkörpers (Fig. 180), meist aber verläuft er eine lange Strecke weit, ehe er das Gebiet seiner Endigung erreicht. Während seines Verlaufs im Zentralorgan gibt er feine, meist unter rechtem Winkel austretende Seitenäste, Kollateralen ab, welche nach kurzem Verlauf mit einem Büschel zierlicher Reiserchen, einem Endbäumchen, Telodendrion, endigen. Der Axenzylinderfortsatz kann sich auch ein oder mehrere Male dichotomisch in zwei gleichwertige Äste spalten, wie es in dem schematischen Bilde eines motorischen Neurons in Fig. 179 dargestellt ist.

Zunächst betrachten wir A) den Körper des Neurons, die Nervenzelle. Er besitzt keine Membran. Form und Größe sind sehr verschieden. Es gibt kugelige, abgeplattete, spindelförmige Elemente. Infolge der Absendung von Fortsätzen entsteht daraus sehr häufig eine Sternform, Pyramidenform usw. Die Größe ist im allgemeinen bedeutend, so daß der Körper großer Nervenzellen noch mit freiem Auge wahr-

1) W. Waldeyer, Deutsche med. Wochenschrift, 1891. — A. Bethe, Der heutige Stand der Neurontheorie. Deutsche med. Wochenschrift 1904, Nr. 33, enthält die Literatur pro et contra. — P. Schieferdecker, Nerven- und Muskelfibrillen, das Neuron und der Zusammenhang der Neuronen. Sitzber. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde. Bonn, 1904.

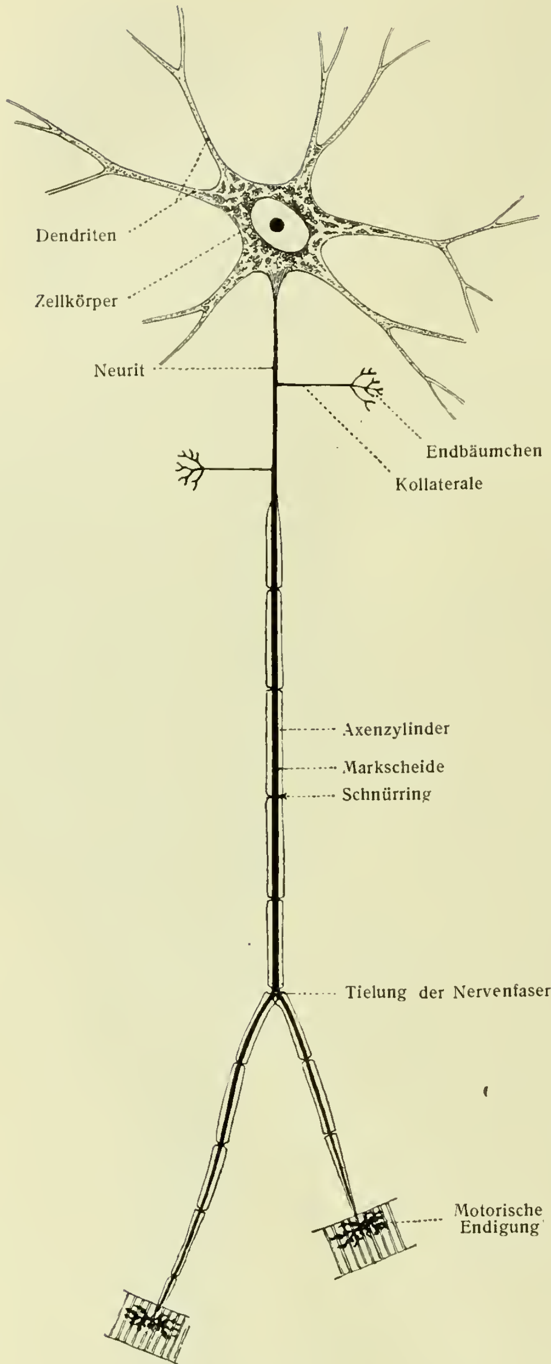


Fig. 179.

Schema eines Neurons unter Anlehnung an den Bau einer motorischen Ganglienzelle in der Vordersäule des Rückenmarkes.

genommen werden kann; doch kommen an vielen Stellen des Nervensystems auch sehr kleine Formen vor, deren Zelleib durch einfache Färbungen kaum darzustellen ist, so schwankt die Größe von 10 bis 150 μ.

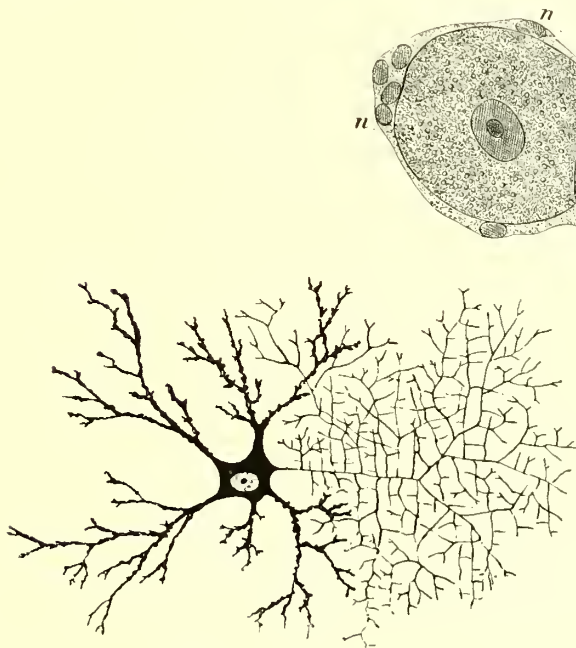
Rechnet man zur Größe der Zelle auch noch die ihrer Ausläufer, welche nichts anderes sind als Teile der Zelle, so wird die Größe vieler Nervenzellen sehr beträchtlich, sie kann einen Meter und mehr betragen.

Man unterscheidet von Alters her nach der Zahl der abgehenden Fortsätze uni-, bi- und multipolare Nervenzellen.

Zellen ohne Fortsatz, apolare Zellen, stellen, soweit es keine künstlichen Erzeugnisse sind, Jugendformen von Nervenzellen dar. Es gab für jede Nervenzelle einmal eine Zeit, in der sie ohne längere Fortsätze war, wenn wir von den etwa vorhandenen Interzellularbrücken absehen. Unipolare Zellen, solche, die einen Fortsatz aussenden, sind in großer Anzahl vorhanden; dieser Fortsatz aber teilt sich früher oder später. Einer der Arme hat die Bedeutung des Neuriten. Bipolare Zellen sind ebenfalls sehr häufig; die Fortsätze entspringen an entgegengesetzten Stellen der Zelle. Eine Form von bipolaren Zellen bilden scheinbar die Ganglienzellen mit Spiralfaser; letztere umkreist den geraden Fortsatz mehrmals spiralig und wird dann ebenfalls gerade. Treten mehrere Fortsätze vom Zellkörper ab, so haben wir multipolare Nervenzellen.

Die Dendriten entstehen am Zelleib mit breiter Ursprungsfläche, sie werden allmählich dünner und bewahren bis zur ersten dichotomischen Teilung die Struktur des Zelleibes. Der Neurit entspringt mit fein längsgestreiftem „Ursprungskegel". Er verdünnt sich noch in nächster Nähe der Zelle und zeigt zunächst keine Teilungen oder Seitenäste.

Der Zellkörper erscheint am frischen Isolationspräparate gleichmäßig, dicht und matt granuliert; in anderen Fällen treten, wie an Spinalganglienzellen, nach vorausgehenden vorsichtigen Behandlungsmethoden zahlreiche feine Fädchen zu



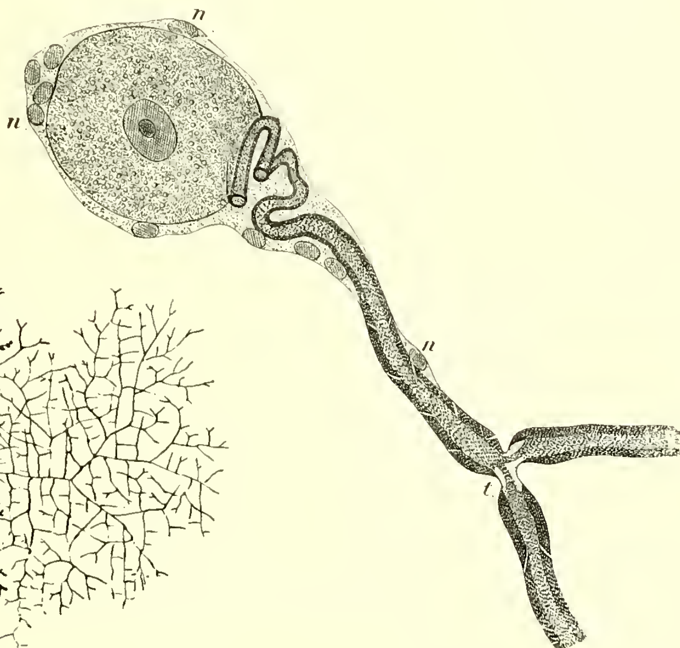


Fig. 180. Fig. 181.

Fig. 180. **Ganglienzelle mit Neurit,** welcher sich in der näheren Umgebung des Zellkörpers verzweigt. (Nach Schäfers Histology.)

Fig. 181. **Unipolare Ganglienzelle** aus dem Ganglion semilunare n. trigemini des Kaninchens. (Key und Retzius.) *n, n, n* Kerne der Hülle und der Schwannschen Scheide. Bei *t* Teilung der Nervenfaser in zwei Äste.

Tage, welche verschiedene Windungen und Knickungen machen und in gleichmäßiger Weise den ganzen Zellkörper durchziehen. An den Fädchen kommen dickere Körner vor, welche in bestimmten Abständen aufeinander folgen.

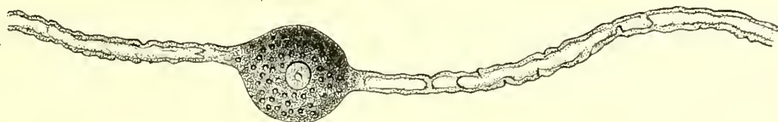


Fig. 182.

Bipolare Ganglienzelle. Ganglion trigemini vom Hecht (Bidder).

Von besonderen Einschlüssen sind gelbes bis dunkelbraunes Pigment und Fetttröpfchen leicht zu erkennen. Eine feine fibrilläre Streifung hat schon M. Schultze beschrieben und abgebildet (Fig. 187).

Die Pigmentierung der Nervenzellen nimmt mit dem Alter des Individuums zu. Es gibt aber auch gewisse Stellen des Zentralnervensystems, welche durch zahlreiche, stark pigmentierte Nervenzellen eine dunkle Färbung erhalten, z. B. Locus caeruleus, Substantia nigra.

Besonders charakteristisch für die Nervenzelle ist der große bläschenförmige Kern. Er ist kugelig oder ellipsoidisch, hat eine deutliche feine Kern-

membran, und ein oder mehrere kugelige Kernkörperchen (Fig. 179—188). Das zarte Kerngerüst ist am frischen Präparat nicht zu erkennen. Erst nach geeigneter Behandlung wird es deutlich. Es scheint nur aus Linin (v. Lenhossék) zu bestehen.

Neuere Untersuchungen mit feineren Methoden haben im Zellkörper eine Menge feiner Strukturen aufgedeckt:

a) die chromophile Substanz (Nißl),
b) die Neurofibrillen (Bethe, Cajal),
c) das Binnennetz (Kopsch), (Golgis Apparato reticolare interno),
d) Intrazelluläre Kanälchen (Holmgren),
e) Zentralkörperchen.

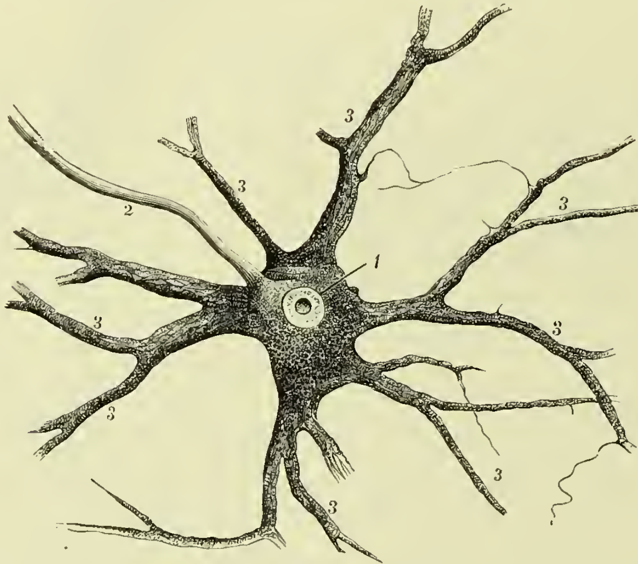


Fig. 183.
Multipolare Ganglienzelle aus der Vordersäule der grauen Substanz des Rückenmarkes vom Rind (O. Deiters).
1 Zellkern; 2 Axenzylinderfortsatz oder Neurit; 3, 3 verästelte Fortsätze oder Dendriten.

a) Die chromophile Substanz, gewöhnlich als Nißlsche Körperchen bezeichnet, ist vorhanden in Form von verschieden gestalteten Häufchen kleinerer und größerer Körnchen und Fädchen. Es sind unregelmäßige eckige Schollen, welche helle Straßen begrenzen. Ihr Aussehen ist bei den verschiedenen Zellarten ungleich, aber für jede charakteristisch. Es wechselt mit den Funktionszuständen der Zelle und erlaubt gewisse Schlüsse über den Ernährungs- sowie Gesundheitszustand des Neurons. Durchschneidung des Neuriten, sowie lang andauernde Funktion führen zur Verminderung und Schwund; bei anderen Alterationen nimmt es klumpige Formen an (Fig. 184—186).

b) Die Neurofibrillen sind innerhalb der Ganglienzelle wahrscheinlich schon von M. Schultze, Kupffer u. a. gesehen worden (Fig. 187). Sicherheit über ihr Vorkommen und ihr Verhalten verdanken wir jedoch den neueren Methoden, der Vergoldung (Apathy), der Färbung mit Toluidinblau (Bethe) und der Imprägnation mit Silber (Cajal, Bielschowsky).

Aus der Menge der mit den letzten beiden Methoden an verschiedenem Material gewonnenen Ergebnisse folgt als gemeinsames und gesichertes, daß der Zellkörper, die Dendriten und der Neurit erfüllt sind von einer großen Menge feinster Fibrillen, welche innerhalb des Zelleibes in den hellen Straßen zwischen der chromophilen Substanz verlaufen. Zweifelhaft und umstritten ist das feinere Verhalten der Fibrillen im Zelleib und im Stamm der Dendriten. Es wird darüber gestritten, ob die Fibrillen oder Fibrillenbündel miteinander anastomosieren oder ob sie isoliert nebeneinander liegen. Nach Bethe verlaufen sie in der Regel durch die Zelle hindurch ohne Netze zu bilden, seltener kommen Gitterwerke vor (bei

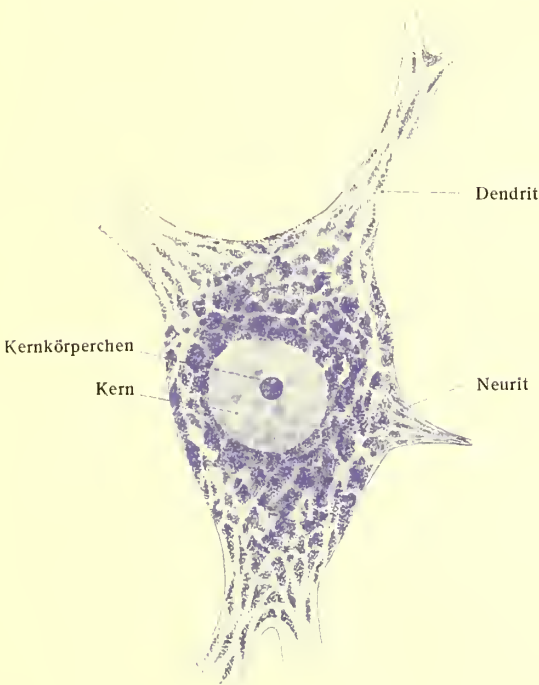


Fig 184.
Normale chromophile Substanz.

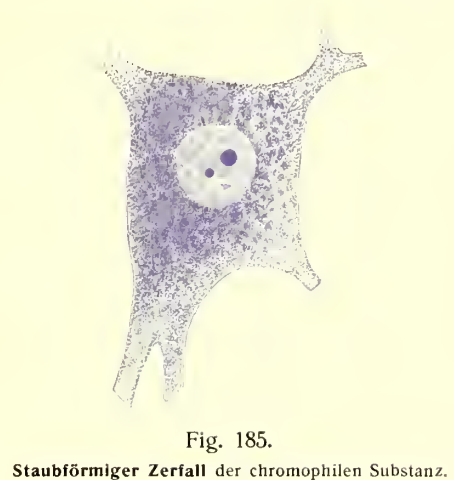


Fig. 185.
Staubförmiger Zerfall der chromophilen Substanz.

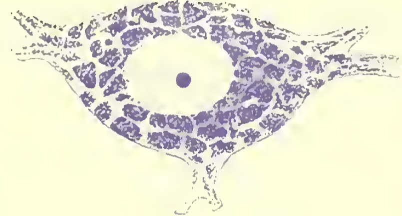


Fig. 186.
Verklumpung der chromophilen Substanz.

Fig. 184—186 Vordersäulenzellen des Rückenmarkes vom Kaninchen. Nissls Methode. (Nach Photos v. Fr. Kopsch.)

Wirbellosen, in Spinalganglienzellen von Wirbeltieren, im Lobus electricus von Torpedo marmorata). Cajal dagegen, Donaggio, van der Stricht u. a. treten lebhaft für die netzartige Anordnung der Fibrillen sowohl im Zellkörper als auch am ersten Teilungswinkel der Dendriten ein, wenngleich auch andere Fibrillenbündel glatt durch die Zelle hindurchziehen. Innerhalb der Dendriten und des Neuriten aber liegen die Fibrillen in Bündeln nebeneinander.

c) Das Binnennetz (Apparato reticolare interno Golgis) ist ein sehr zierliches wahres Netz rundlicher Stränge von verschiedener Größe, welche manchmal aus Körnchen zusammengesetzt zu sein scheinen. Es liegt innerhalb des Zelleibes, erreicht nicht die Oberfläche, kann aber den Kern mit einzelnen Maschen berühren, obwohl auch hier, wie in der peripherischen Zone des Zelleibes in der Regel ein schmaler Streifen frei vom Binnennetz bleibt. Verwickelt wird das Bild weiter da-

durch, daß von den maschenbildenden Fäden seitliche Äste abgehen, welche nach kurzem Verlauf rundlich oder keulenförmig endigen, sowie dadurch, daß (bei älteren Individuen) eine lobuläre Anordnung einzelner Teile des Netzes auftritt.

Über Natur und Bedeutung des Binnennetzes ist zurzeit nicht viel zu sagen. Mit den Neurofibrillen hat es wohl nichts zu tun, es scheint vielmehr ein besonderes, auch in anderen (vielleicht allen) Körperzellen vorhandenes Zellorgan zu sein, wo es mit denselben Hilfsmitteln (Golgis Methode, Verattis Modifikation derselben, Osmiumsäure nach Kopsch) dargestellt worden ist.

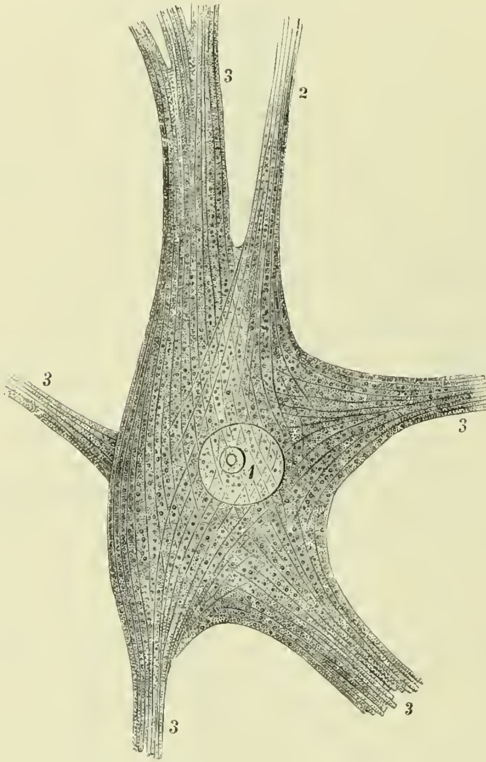


Fig. 187.

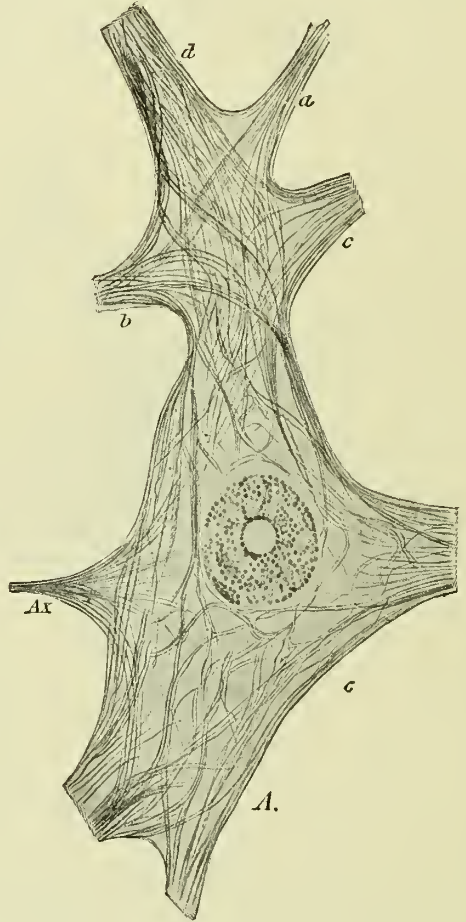


Fig. 188.

Fig. 187. **Ganglienzelle mit Fibrillenstruktur** aus der Vordersäule des Rückenmarkes vom Kalbe, nach kurzer Mazeration in Jodserum. 600:1. (M. Schultze.)
1 Kern mit Kernkörperchen und Vakuole in letzterem; 2 Axenzylinderfortsatz; 3, 3 verästelte Fortsätze.

Fig. 188. **Neurofibrillen.** Große Vordersäulenzelle aus dem Lendenmark eines 18jähr. Mannes.
Ax Neurit; *a*, *b*, *c*, *d* usw. Dendriten. Die Zelle zeigt ein deutliches Negativ des „Nisslbildes" und enthält hauptsächlich Peripheriefibrillen. Ein großer Teil der Fibrillen ist von Fortsatz zu Fortsatz zu verfolgen. Nur ein kleiner Teil der Fibrillen nimmt an der Bildung des Neuriten teil. Bei den meisten Bündeln ist nur ein Teil der Fibrillen gezeichnet. Zwischen *b* und *c* ist keine Verbindung vorhanden. (A. Bethe, 1900.)

Nach meiner Meinung (Kopsch) handelt es sich um niedere Stufen von Eiweißkörpern (Albumosen, Peptone). Ihre Lage und bestimmte Anordnung zeigen, daß die chemische Umsetzung der Eiweißkörper, von welcher Funktion und Ernährung der Zelle abhängen, an bestimmte Orte der Zelle gebunden sind. In diesem Sinne würde das Binnennetz den vegetativen Teil der Zelle darstellen.

d) Intrazelluläre Kanälchen in Ganglienzellen, zuerst von Nansen beschrieben, können durch bestimmte Behandlungsweisen dargestellt werden. Es ist wahrscheinlich, daß sie in gewissem Sinn Kunstprodukte sind, insofern, als vorerst nicht genauer bestimmte niedere Eiweißkörper (vielleicht dieselben, welche bei anderer Behandlung das Binnennetz liefern) durch die Behandlung nicht in unlöslicher Form ausgefällt und beim Aufkleben sowie Färben der Schnitte wieder gelöst werden. An ihrer Stelle wird alsdann eine Lücke vorhanden sein. Wenn nun die künstlich hergestellten Hohlräume ein Kanalsystem von bestimmter Lage bilden, so folgt daraus zunächst nur, daß die betreffenden unbekannten Körper (Albumosen, Lecithin?) in regelmäßiger bestimmter Lage innerhalb des Zellkörpers

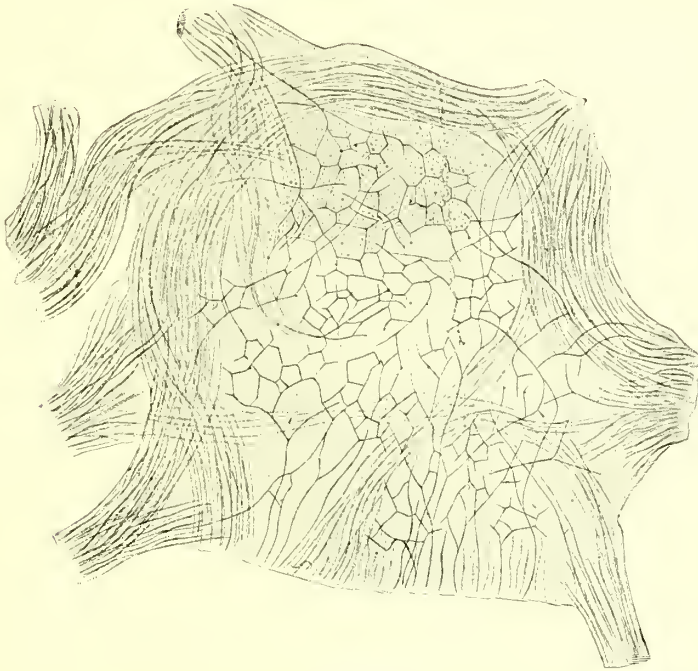


Fig. 189.
Endozelluläres Fibrillengitter in einer Zelle aus dem Lobus electricus von Torpedo. (A. Bethe, 1900.)

vorkommen. Ob diese Körper zum Stoffwechsel der Zelle in Beziehung stehen, was an sich einleuchtend ist, kann auch erst nach Kenntnis ihrer Natur gesagt werden. Was zurzeit feststeht, ist die Tatsache, daß innerhalb des Ganglienzellkörpers sich ein System längerer oder kürzerer feiner Kanäle darstellen läßt, welche ohne eigene Wand und ohne nach außen zu münden, den Zelleib durchziehen.

Hierzu soll erwähnt werden, daß nach Holmgren, welcher sich mit großem Eifer dem Studium der „Saftkanälchen" gewidmet hat, die intrazellulären Kanäle an der Oberfläche ausmünden, Der Autor hat in einer großen Zahl von Veröffentlichungen seine Befunde und Ansichten über diesen Gegenstand niedergelegt. Im Laufe der Zeit ist er zu folgender Anschauung gekommen: Der Ganglienzellkörper wird durchsetzt von einem Netzwerk solider Fortsätze, welches von anderen Zellen stammt. Seiner Funktion wegen wird es als „Trophospongium" bezeichnet. Durch Auflösung von Teilen dieses Netzwerkes entstehen die intrazellulären Kanälchen.

e) Zentralkörperchen sind zuerst durch von Lenhossék in Spinalganglienzellen vom Frosch nachgewiesen worden. Dann haben andere Autoren

(Dehler, Bühler, Schaffer, Solger, Fuchs, Kolster u. a.) an Nervenzellen verschiedener Art bei verschiedenen Tieren und auch beim Menschen Zentralkörper gefunden. Fuchs findet sie paarweise in einem hellen Hof, und sogar meist mehrere Paare in einer Zelle regellos an verschiedenen Stellen liegen.

B. Die Dendriten oder Protoplasmafortsätze sind reich und fein verästelt, sie kommen nicht an allen Nervenzellen vor; z. B. fehlen sie an Spinal-



Fig. 190.
Netz der Neurofibrillen (nach Donaggio, 1904). Mittelgroße Hintersäulenzelle vom erwachsenen Kaninchen. *a*, *b*, *d* Dendriten; *c* Neurit.

ganglienzellen. Ihr Ursprung aus dem Zellkörper ist breit. Sie verjüngen sich nur allmählich, wie im Gegensatz zum Neuriten hervorzuheben ist. Die Verästelung ist meist dichotomisch. Wie die feinsten Reiserchen endigen, ist zur Zeit noch umstritten.

Der Dendrit und alle seine Äste bestehen aus Neurofibrillen und der zwischen letzteren befindlichen inter- oder perifibrillären Substanz. In dem Hauptstamm setzt sich die chronophile Substanz fort bis zur ersten Gabelung und manchmal noch etwas darüber hinaus. Am Gabelungswinkel liegt meist eine dreieckige Scholle

chromophiler Substanz. An dieser Stelte findet Cajal auch Anastomosen von Neurofibrillen, Bethe den direkten Übergang von Neurofibrillen aus einem Seitenast in den anderen, welche also mit dem Zellkörper nichts zu tun haben. Die gröberen Äste enthalten Bündel von Fibrillen, die feinsten bestehen nur aus einer einzigen Fibrille und etwas Perifibrillärsubstanz. Beim Absterben und bei der Konservierung bildet letztere die bekannten Varicositäten dadurch, daß sie sich an einzelnen Punkten sammelt, während sie sich von anderen Stellen zurückzieht, sodaß ein perlschnurartiges Bild entsteht.

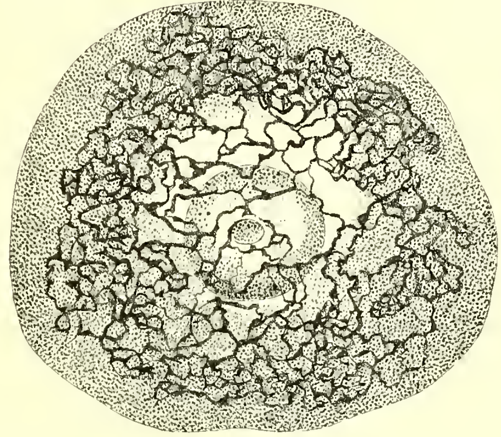


Fig. 192.

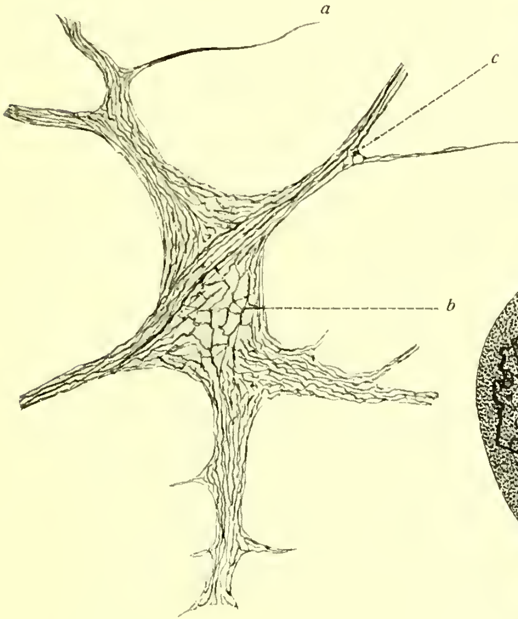


Fig. 191.

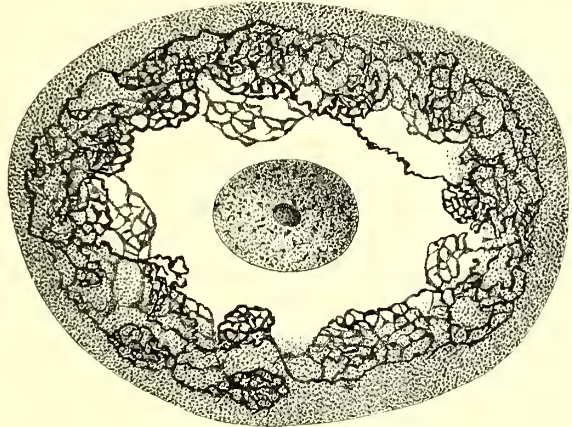


Fig. 193.

Fig. 191. **Netz der Neurofibrillen** innerhalb einer Horizontalzelle aus der Netzhaut einer Katze von 8 Tagen. *a* Neurit; *b* Netz der Neurofibrillen im Zellkörper; *c* Fibrillenanastomosen an einer Dendritenteilung. (Cajal, 1905.)

Fig. 192. **Binnennetz** in einer Spinalganglienzelle des erwachsenen Hundes. (C. Golgi, 1898.)

Fig. 193. **Binnennetz** in einer Spinalganglienzelle vom 20jähr. Pferde. Lobuläre Anordnung einzelner Teile des Netzes. (C. Golgi, 1889.)

C. Der Neurit oder Axenzylinderfortsatz ist, wie schon gesagt wurde, meist nur in der Einzahl vorhanden. Er entspringt am Zellkörper mit breitem „Ursprungskegel", verdünnt sich plötzlich und wird erst allmählich in einiger Entfernung vom Zelleib wieder dicker. In manchen Fällen entspringt er auch statt aus dem Zelleib, aus dem Stamm eines Dendriten (s. Fig. 191); er ist kein konstanter Fortsatz multipolarer Zellen; er kann gänzlich fehlen, aber auch mehrfach vorhanden sein.

Der Ursprungskegel ist frei von chromophiler Substanz und deshalb hell, zeigt eine feine, nach außen konvergierende Längsstreifung, zwischen welcher vereinzelte, in Reihen angeordnete Körnchen liegen. Die Streifung ist der Ausdruck der in den Neuriten hineinziehenden Fibrillen. Sie stammen, wie Bethe angibt, aus allen Dendriten, doch steht die Menge der von jedem stammenden Fibrillen nicht im Verhältnis zur Dicke und Mächtigkeit des betreffenden Protoplasmafortsatzes.

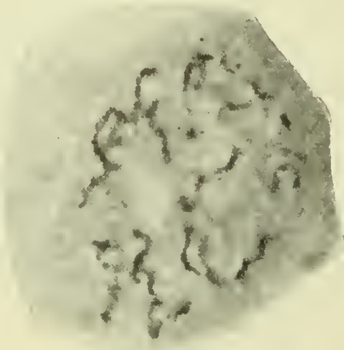


Fig. 194.

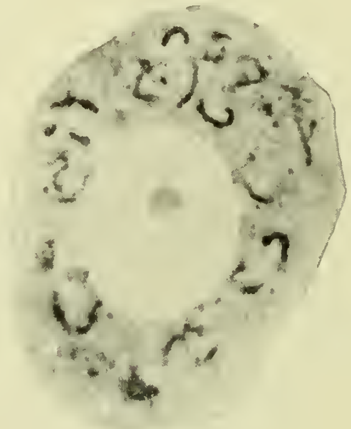


Fig. 195.



Fig. 196.



Fig. 197.

Fig. 194, 195. **Stücke des Binnennetzes** (2 μ dicke Schnitte) in Spinalganglienzellen vom Kaninchen; nach Mikrophotographie. (Kopsch.) Maßstab 1750 : 1.

Fig. 194. Tangentialschnitt des Zellkörpers ohne Kern. Fig. 195. Schnitt durch Kern und Kernkörperchen.

Fig. 196. **Stücke des Binnennetzes,** die Zusammensetzung aus Körnchen zeigend. Spinalganglienzelle vom Huhn. (von Bergen, 1904, nach Methode v. Kopsch.) Maßstab ca. 1200 : 1.

Fig. 197. **Stücke des Binnennetzes und Kanälchen** nebeneinander in einer Spinalganglienzelle vom Huhn. (von Bergen, 1904, nach Methode v. Kopsch.) Maßstab ca. 1200 : 1.

Die im Neuriten vereinigten Fibrillen drängen sich zunächst dicht aneinander, was seinen Ausdruck findet in der plötzlichen Verdünnung des Ursprungskegels; erst in weiterer Entfernung vom Zelleib lockert sich ihr Verband durch Zwischenlagerung größerer Mengen von Interfibrillärsubstanz.

Zugleich tritt in den meisten Fällen (Ausnahme Nervi olfactorii) eine isolierende Hülle auf, und zwar erst in einiger Entfernung vom Zellkörper. Entsprechend der Art dieser Scheide unterscheiden wir markhaltige und marklose Nervenfasern.

1. Vom Bau der markhaltigen Nervenfaser kann man eine sehr gute Vorstellung gewinnen, wenn man eine Glasröhre mit einer Anzahl von feinen Fäden und Wasser anfüllt. Die Glaswand des Rohres entspricht der Markscheide, der von ihr um-

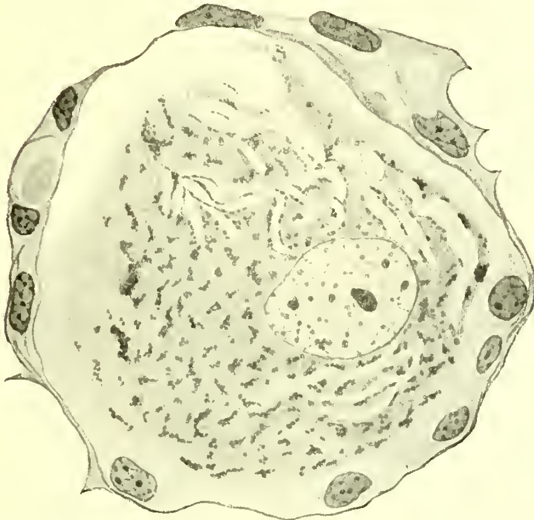


Fig. 198.

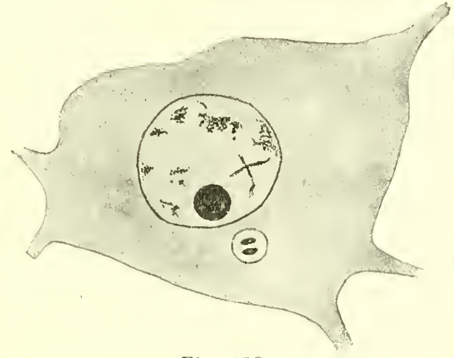


Fig. 199.

Fig. 199. **Zentralkörperpaar** in einer Nervenzelle von Torpedo (Lobus electricus). (B. Solger.)

Fig. 198. **Intrazelluläre Kanälchen.** Spinalganglienzelle vom Hunde. (E. Holmgren, 1901.)

schlossene Inhalt, der Axenzylinder, besteht aus Neurofibrillen und Interfibrillärsubstanz, den Fäden und dem Wasser unseres Modells. — Der Axenzylinder ist am frischen Präparat grau, 0,5—10 μ breit, die Markscheide erscheint glänzend.

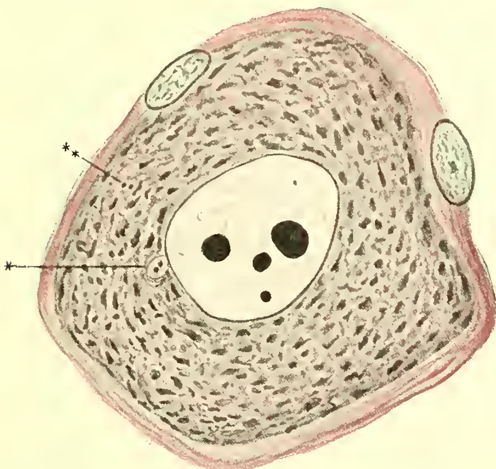


Fig. 200.

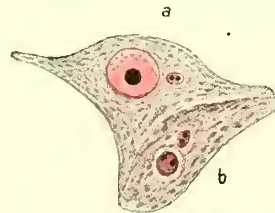


Fig. 201.

Fig. 201. **Zentralkörperpaar** in einer Vordersäulenganglienzelle *(a)* und in einer Gliazelle *(b)* einer 5 Wochen alten Maus. (Fuchs, 1902.)

Fig. 200. **2 Zentralkörperpaare** (bei * und **) in einer großen Spinalganglienzelle vom jungen Meerschweinchen. (Fuchs, 1902.)

Letztere ist bei den peripherischen Nerven umhüllt von der Schwannschen Scheide, im Zentralnervensystem von Neuroglia.

Demnach kann man die markhaltigen Nervenfasern wieder einteilen in Fasern mit Schwannscher Scheide und in solche ohne diese Scheide.

a) Die mit Schwannscher Scheide versehenen markhaltigen Nervenfasern bilden den überwiegenden Bestandteil aller peripherischen Hirn- und Rückenmarksnerven, kommen aber auch im sympathischen Nervensystem vor.

Die Markscheide, Myelinscheide, besteht aus Nervenmark, Myelin, einer glänzenden, stark lichtbrechenden Substanz, welche aus einem Gemenge von Eiweiß und Fetten besteht und überdies noch einen hornartigen Stoff, Neurokeratin, enthält, sei es, daß der letztere in Lösung vorhanden ist, oder ein Gerüst in der Markscheide bildet. An frischen Nervenfasern zeigt die Markscheide scharfe Grenzlinien und läßt, wo sie vorhanden ist, den von ihr umhüllten Axenzylinder nicht wahrnehmen. An absterbenden Nervenfasern tritt aber alsbald eine zweite, innere Grenzlinie auf; dadurch erscheinen die Fasern doppelt konturiert. Die doppelte Konturierung ist der Anfang einer in der Folge weit stärker hervortretenden Gerinnung des Nervenmarkes. Hat man den öligen Teil des Myelins durch Behandlung des Nerven mit kochendem Alkohol und Äther entfernt, so bleibt in dem früher vom Nervenmark erfüllten Raum ein zierliches Gerüst zurück, das erwähnte Horngerüst, die Hornspongiosa der Markscheide, welche auch färberisch z. B. durch Eisenhämatoxylin (Corning) und durch andere Methoden an Schnitten darstellbar ist.



Fig. 202.

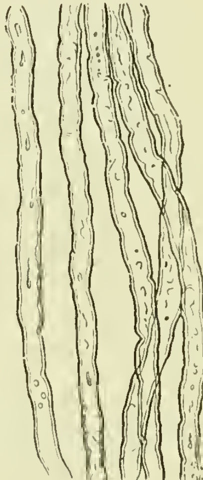


Fig. 203.

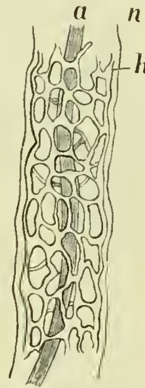


Fig. 204.

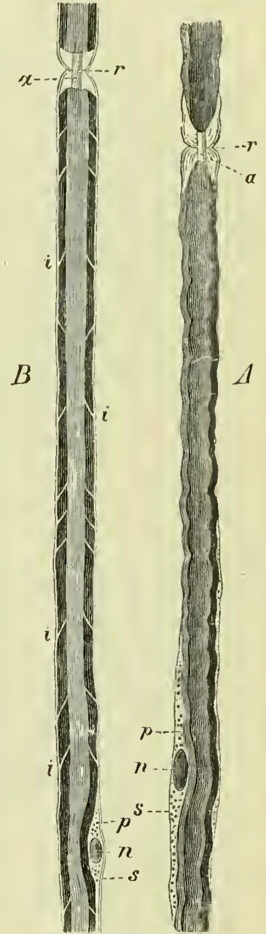


Fig. 205.

Fig. 202. **Neurofibrillen** aus einem mit Osmiumsäure behandelten und karmingefärbten Querschnitte und Längsschnitte des Frosch-Ischiadicus (C. v. Kupffer). Die Markscheiden sind als breite schwarze Ringe und Linien sichtbar. Die Primitivfibrillen sind als Punkte oder feine Parallellinien sichtbar; zwischen den feinen Linien und Punkten befindet sich interfibrilläre Substanz.

Fig. 203. **Frische markhaltige Nervenfasern** mit doppeltem Kontur und buchtigen Begrenzungen.

Fig. 204. Künstlich dargestelltes **Neurokeratingerüst** oder **Horngerüst** *(h)* einer markhaltigen Nervenfaser; *n* Schwannsche Scheide; *a* Axenzylinder.

Fig. 205 A und B. **Markhaltige Nervenfasern.** *a* Axenzylinder; *s* Schwannsche Scheide; *n, n* Nervenkerne, die Markscheide leicht einbuchtend; *p, p* feinkörnige Substanz an den Polen der Kerne; *r, r* Ranviersche Einschnürungen: es hört hier das Nervenmark auf, der Axenzylinder ist sichtbar; *i, i* in B sind die Grenzlinien der Marksegmente, entsprechend den Schmidt-Lantermanschen Einkerbungen.

Zwischen zwei aus derselben Substanz bestehenden, die innere und äußere Abgrenzung des Markes bezeichnenden Scheiden, der äußeren und inneren Hornscheide, wie sie genannt wurden, spannen sich Bälkchen aus, welche zusammen mit den Hornscheiden das Horngerüst bilden.

Die Schwannsche Scheide, Neurilemma, ist eine glashelle, elastische strukturlose Membran, welche der Außenfläche der Markscheide dicht anliegt. Von Strecke zu Strecke aber sitzen der Innenfläche der Schwannschen Scheide ellipsoidische Kerne an, die an den Polen meist noch von feinkörnigem Protoplasma umgeben sind.

An der Markscheide kommen außerdem noch eigentümliche Einkerbungen vor: Die Ranvierschen Schnürringe und die Schmidt-Lantermanschen Einkerbungen.

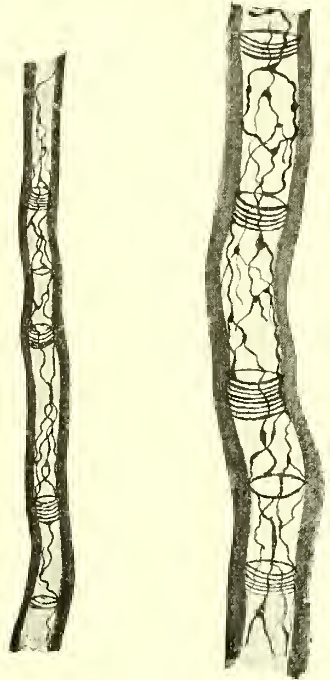


Fig. 206.
Golgische Trichter und die sie verbindenden Fäden in der Markscheide der Nervenfasern von Hund und Sperling. (Sala, 1900.)

An ersteren ist auch die Schwannsche Scheide hervorragend beteiligt. Tiefe, ringförmige Einschnürungen der Schwannschen Scheide dringen von Strecke zu Strecke bis in die Nähe des Axenzylinders vor, so daß hier das Mark ganz fehlen kann und der Axenzylinder sichtbar ist. Letzterer kann an der Stelle des Schnürringes konisch verdickt sein. Behandlung mit Silbernitrat bringt in der Tiefe der Einsenkung eine quere schwarze Trennungslinie hervor, ähnlich den Kittlinien der Epithelien. Man schließt hieraus, daß die Schwannsche Scheide aus einer Anzahl röhrenförmiger Segmente aufgebaut sei. Von hier aus dringt die Silberlösung je nach der Einwirkung eine kürzere oder längere Strecke weit am Axenzylinder vor und erzeugt dadurch ein Bild, welches als lateinisches Kreuz (Ranvier) bekannt ist. Der vom Silberniederschlag betroffene Axenzylinder zeigt oft eine Querstreifung von abwechselnd einander folgenden hellen und dunklen Streifen. Sie sind bekannt als Frommannsche Linien. Die Nervenfaser selbst wird durch die Schnürringe, welche bei dünneren Fasern 0,08, bei dickeren Fasern bis zu 1 mm auseinanderliegen, äußerlich in sogenannte interanuläre Segmente geteilt. Schnürringe besitzen alle peripherischen, markhaltigen Nervenfasern, auch die Fasern der Nervenwurzeln. Man darf in ihnen wohl Einrichtungen erblicken, welche den Diffusionsstrom zwischen dem Axenzylinder und der umgebenden Lymphe erleichtern, also der Ernährung des Axenzylinders dienen.

Die zweite Form der Einkerbungen betrifft die Markscheide allein. Innerhalb eines interanulären Segmentes zeigt die Markscheide eine Reihe kleiner zylindro-konischer Segmente, welche durch feine trichterförmige Einschnitte bedingt werden. Letztere dringen bald in der Richtung nach dem zentralen, bald nach dem peripherischen Ende vor und sind schon an der frischen Faser erkennbar. Die trennende feine Substanz ist den Kittsubstanzen verwandt.

Das zuerst durch Ewald und Kühne dargestellte Neurokeratin-Gerüst halten andere Autoren (Engelmann, Retzius u. a.) für ein Kunstprodukt hervorgerufen durch die angewandten Reagentien.

Golgi und nach ihm eine größere Zahl italienischer Forscher, zuletzt Sala, beschreiben einen anderen Stützapparat, „Golgische Trichter", innerhalb der Markscheide wie folgt: An den Enden der zylindrokonischen Segmente, also in der Gegend der Schmidt-Lantermanschen Einkerbungen, befindet sich ein System feiner, den Axenzylinder spiralig umkreisender Fibrillen. Sie bilden zusammen einen Kegel, dessen Basis an der Scheide sitzt, indes die Spitze dem Axenzylinder anliegt. Dazu beschreibt nun Sala noch ein Netzwerk feiner, wesentlich in der Längsrichtung der Nervenfaser laufender Fäserchen, welche die benachbarten Golgischen Trichter mit einander verbinden.

b) Markhaltige Fasern ohne Schwannsche Scheide bilden in gewaltigen Massen die weiße Substanz der Zentralorgane und des N. opticus. An Stelle der Schwannschen Scheide tritt hier die Neuroglia.

2. Die marklosen Nervenfasern sind entweder ganz frei von einer besondern Hülle oder besitzen nur die Schwannsche Scheide.

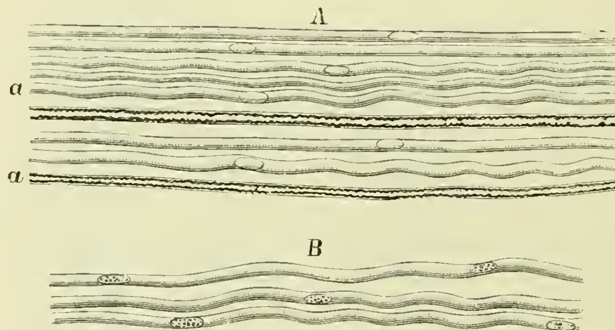


Fig. 207.

Marklose Nervenfasern (M. Schultze).
In *A* sind zwei markhaltige Fasern *(a, a)* beigemischt; *A* aus dem Jacobsonschen Organ des Schafes; *B* aus dem Sympathicus des Ochsen.

a) Die mit Schwannscher Scheide versehenen marklosen Nervenfasern nennt man auch graue, gelatinöse oder Remaksche Fasern. Sie haben ihr Hauptgebiet im Sympathicus.

b) Marklose Fasern ohne Schwannsche Scheide, oder wie man unlogisch sagte „nackte Axenzylinder", von längerer Ausdehnung sind beim Menschen nur in den Nervi olfactorii vorhanden. Sie sind die zentralen Fortsätze der im Riechepithel befindlichen Sinneszellen, und noch nicht $^1/_2$ μ dick.

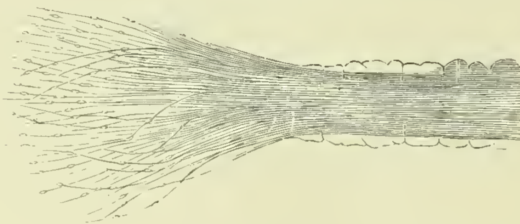


Fig. 208.

Nervenfibrillenbündel aus der Nasengrube des Hechtes, in feinste variköse Fibrillen sich auflösend. (M. Schultze.)

Verlieren die marklosen oder die marklos gewordenen Fasern in der Peripherie ihre Schwannsche Scheide, so liegen die Axenzylinder oder Fibrillenbündel nackt vor. Das peripherische Endstück ähnelt hierin dem Ursprungsstück im Gehirn und Rückenmark, indem auch dieses marklos und ohne Schwannsche Scheide ist. Marklose Nervenfibrillen und Fibrillenbündel ohne Schwannsche Scheide kommen außer an der Peripherie des Körpers auch in den Zentralorganen in überaus bedeutender Menge vor in den Endverzweigungen der zentripetalleitenden Nerven. (Ambronn u. Held, Sitzber. sächs. Ges. Wiss., Leipzig 1895.)

Ebenso wie die feinen Endzweige der Dendriten neigen auch die Verästelungen der nackten Axenzylinder zur Bildung von Varicositäten.

Kaliber der Nervenfasern.

Nervenfibrillen, mögen sie zentraler oder peripherischer Art sein, haben ziemlich gleiches Kaliber. Fibrillenbündel, Axenzylinder schwanken dagegen sehr bedeutend. Ebenso zeigen die Nervenfasern als Ganzes bedeutende Schwankungen. Dickere Nervenfasern besitzen im allgemeinen auch dickere Axenzylinder. Ein bestimmtes Merkmal sensibler und motorischer Nerven ist im Kaliber nicht vorhanden, doch zeigen sensible Nerven größere Schwankungen in der Dicke der einzelnen Fasern. Große Länge der Nervenfaser, sodann kranialer Ursprung, vielleicht auch häufiger Gebrauch scheinen stärkeres Kaliber zu bedingen (Schwalbe); vor allem aber wirken reiche Endverästelung und reiche Verbindung auf die Stärke des Kalibers ein (Cajal).

Teilungen der Nervenfasern.

Teilungen von Nervenfasern sind ein überaus häufiges Vorkommnis, teils während des Verlaufes der Fasern in den Zentralorganen, durch Abgabe von Kollateralen usw., teils in der Peripherie, wie bei den Endigungen im interepithelialen Labyrinth der Epidermis, in den motorischen Endplatten, sowie vor Erreichung der letzteren. Seltener finden Teilungen in Innern von Nervenstämmen statt. Im Bereich der spinalen Ganglien hingegen bilden Teilungen eine regelmäßige Erscheinung. An der Teilungsstelle peripherischer Nervenfasern oberhalb des Endgebietes befindet sich stets ein Ranvierscher Schnürring.

3. Die Neuroglia.

An den Stützelementen des Nervensystems, den Gliazellen, kann man der Gestalt nach zwei verschiedene Formen unterscheiden:

a) Ependymzellen,

b) Astrocyten, auch Spinnenzellen oder Deiterssche Zellen genannt.

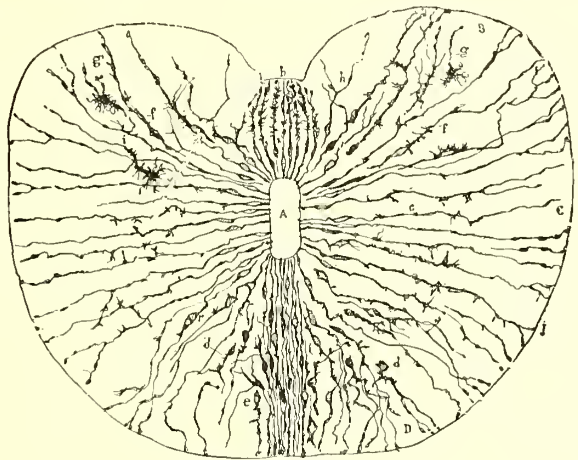


Fig. 209.

Ependymzellen im Thorakalmark eines Hühnerembryos vom neunten Brüttage. (Nach Cajal.) *A* canalis centralis; *B* Funiculus anterior; *C* Fun. lateralis; *D* Fun. posterior; *a* Sulcus posterior und Stelle der Endverzweigung der medialen hinteren Epithelzellen; *b* vordere epitheliale Gruppe; *c* seitliche Zelle; *d* kurze Epithelzellen; *e* solche Epithelzellen, die schon den Zellen der fertigen Neuroglia ähnlich sind; *r* zweikernige Zelle.

a) Die Ependymzellen. Sie bestehen aus einem zylindrischen Zellkörper und der langen Ependymfaser. Die Zellkörper bilden als einschichtiges Epithel die Auskleidung der Hirnhöhlen und des Zentralkanals vom Rückenmark. Die Ependymfaser zieht tief in die Hirnsubstanz hinein. An der freien Oberfläche besitzen die Zellkörper einen Besatz von Flimmerhaaren, deren Bewegung durch Leydig bei Tieren, durch Virchow, Kölliker u. a. beim Menschen, gesehen worden ist. Neuerdings schreibt Fuchs einem Teil der Zellen sekretorische Leistungen zu. Weitere Untersuchungen über diese wichtige und interessante Beobachtung werden abzuwarten sein.

Die Ependymfaser reicht beim Embryo relativ weit in die unterliegende Hirn- bezw. Rückenmarksubstanz hinein. Am Rückenmark von Embryonen erreicht sie die freie Oberfläche. Beim Erwachsenen ist dies nur noch der Fall bei den das Septum posterius des Rückenmarkes bildenden Fasern. Jede dieser Faser teilt sich in mehrere Ästchen.

Von den Ependymzellen sondern sich schon in sehr frühem Embryonalstadium diejenigen Zellen, welche zu Astrocyten werden. Sie lösen sich aus dem Epithelverband und gelangen zwischen die Nervenzellen und Nervenfasern. Dort wandeln sie sich zu Zellen mit kleinem kugeligem Kern, spärlichem Protoplasma und zahlreichen längeren oder kürzeren Ausläufern. Entsprechend der Faserlänge unterscheidet man Langstrahler und Kurzstrahler. Erstere sind hauptsächlich zwischen Nervenfasern, letztere innerhalb der sogenannten grauen Substanz zu finden.

An Isolationspräparaten und an Schnitten, gefärbt nach neueren Methoden, zeigt es sich, daß die Ausläufer der Astrocyten aus runden starren Fasern bestehen, welche den Zelleib durchsetzen, oftmals auch schleifenartig an der Peripherie umbiegen. Sie sind wahrscheinlich in ähnlicher Weise, wie die collagenen Bindegewebsfibrillen, Bildungen im Zellprotoplasma und trennen sich wohl in analoger Weise von ihrem Mutterboden, dem Zellprotoplasma, so daß freie Gliafasern entstehen, welche man als besondere Gebilde neben den Zellen nennen kann. Nur muß man stets dessen eingedenk sein, daß in letzter Linie alle Gliafasern von Gliazellen stammen.

Über Degeneration und Regeneration im Nervengewebe liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Nach S. Mayer finden sich in den peripherischen Nervenstämmen ständig Fasern, welche in der Degeneration, neben anderen, welche in der Regeneration begriffen sind. Wird ein Nerv durchschnitten, so folgen die Erscheinungen dem Hauptsatze, daß jene Fasern degenerieren, welche von der Verbindung mit den zugehörigen Nervenzellen getrennt worden sind. Die Axenzylinder des zentralen Stumpfes wachsen bei der sich anschließenden Regeneration in die degenerierenden Bündel des peripherischen Stumpfes hinein und folgen dessen Bahnen (Wallersches Gesetz).

Eine übersichtliche vieles Neue bietende Darstellung vom Verlauf der Degeneration und Regeneration hat Bethe geliefert. Er führt aus: Im peripherischen Stumpf des durchschnittenen Nerven zerfällt zuerst der Axenzylinder in einzelne Stücke, welche im weiteren Verlauf der Degeneration völlig verschwinden, bis zuletzt nichts mehr von ihm übrig ist. Auch die Markscheide zerfällt in Stücke, welche immer kürzer werden und schließlich ganz (wohl durch Resorption) verschwinden. Die Schnelligkeit der Degeneration ist bei den einzelnen Tierklassen verschieden. Bei Vögeln ist die Markscheide völlig zerfallen schon am 2. Tage, bei Säugetieren am 4.—5., bei Winterfröschen erst nach 130—140, bei Sommerfröschen nach 30—40 Tagen. Es bleiben nur die Schwannsche Scheide und ihre Kerne und das sie umgebende Protoplasma übrig. Die degenerativen Veränderungen beginnen an der verletzten Stelle, schreiten sowohl am zentralen wie am peripherischen Stumpf vor. Letzterer degeneriert vollständig; vom zentralen aber geht nur eine Strecke zugrunde, dann macht der Prozeß Halt. Er ist nicht bedingt durch die Unterbrechung des Zusammenhangs mit der Ganglienzelle, sondern ist die Folge der lokalen Schädigung der betreffenden Nervenstelle. Auch die Nervenzellen, deren Neuriten durchschnitten sind, werden von der Schädigung be-

troffen, ihre chromophile Substanz schwindet, der Kern rückt an die Peripherie und zeigt ebenfalls Zeichen der Schädigung. Bei einer Anzahl von Zellen führen diese

Fig. 210. Fig. 211.

Fig. 210. **Kurzstrahler** aus der Großhirnrinde des Menschen. (Modifikation der Golgi-Methode nach Kopsch.)
Fig. 211. **Langstrahler** ans dem Chiasma nervorum opticorum des Menschen. (Modifikation der Golgi-Methode n. Kopsch.)

Vorgänge zum vollständigen Untergang; andere Zellen erholen sich später, indem der Kern wieder in die Mitte rückt und die chromophile Substanz sich von neuem bildet. Es ist daher zunächst gleichgültig, ob die durchschnittene Nervenfaser wieder zusammengeheilt ist oder nicht; bleibt jedoch die Vereinigung dauernd aus, so atrophieren die Zellen im Laufe von Monaten oder Jahren.

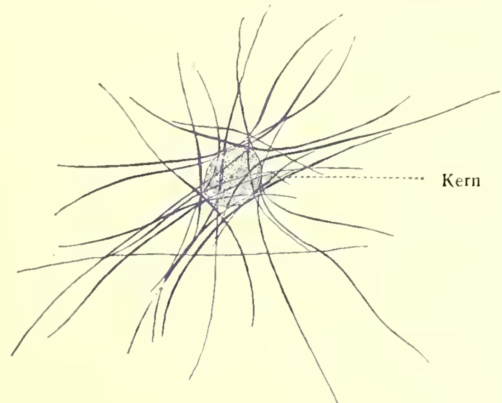


Fig. 212.
Gliazelle aus der Medulla oblongata des Menschen. (Gefärbt nach Weigerts Neurogliafärbung.)

Die Regeneration im peripherischen Stumpf tritt bei jungen Tieren trotz völliger Trennung von der Ganglienzelle ein („autogene Regeneration" Philippeaux und Vulpian, Bethe), indem etwa vom 4. Tage an eine lebhafte Vermehrung der Schwannschen Kerne und ihres Protoplasmas eintritt. Nach 20 Tagen sind die Reste des degenerierten Markes fast ganz verschwunden, die Schwannschen Kerne und ihr Protoplasma bilden bandartige Fasern „Band-

fasern“. In ihnen sondert sich ein äußerer Mantel und ein axialer Teil, in welchem auch schon eine Andeutung fibrillärer Streifung vorhanden ist. Später bildet sich ein Markmantel aus, welcher zunächst in der Nähe der Kerne beginnt. Dabei zeigt sich weiter, daß am zentralen Ende des peripherischen Stumpfes die Regeneration schneller fortschreitet als am peripherischen Teil, d. h. die Regenerationskraft einer Nervenstrecke ist um so größer, je näher zum Zentrum sie sich befindet. Die autoregenerierten Nerven degenerieren aber später wieder.

Auch bei erwachsenen Tieren gibt es eine autogene Regeneration, doch bleibt sie hier auf halbem Wege stehen, es fehlt den Nervenfasern die Kraft, aus sich heraus die Regeneration zu vollenden. Dies ist nur möglich unter dem Einfluß des zentralen Nervenendes, welches aber nur anregende Wirkung hat.

Sehr klare Bilder von der Regeneration nach Nervendurchschneidung erhielt Perroncito (Bollet. Società med.-chirurg. Pavia 1905) bei Anwendung der Fibrillenfärbung Cajals. Schon am zweiten Tage nach der Nervendurchschneidung wachsen vom Ende des zentralen Stumpfes neugebildete Fibrillen in die junge Narbe. Sie bilden später eigentümliche Knäuel „bottone terminale“ und spiralig aufgewundene Gebilde. Die markhaltigen Fasern des peripherischen Stumpfes verändern sich sehr schnell, die marklosen dagegen bleiben 4, 6, 10 Tage lang unverändert. Cajal zeigt in bezug auf die feineren Vorgänge an der Durchschneidungsstelle der Nerven dieselben Bilder wie Perroncito. Er bestreitet die autogene Differenzierung von Fibrillen durch die Schwannschen Zellen des peripherischen Stumpfes. (Trabajos del Labor. de Invest. biol. Madrid. Bd. IV, 1905). Eine kurze, mit reichen Literaturnachweisen versehene Darstellung hat jüngst Bethe in den Folia neurobiologica 1907. S. 63 gegeben.

Wie sich die Degenerations- und Regenerationserscheinungen nach Wunden und Substanzverlusten des im Zentralorgan befindlichen Nervengewebes verhalten, hierüber sind, insbesondere an höheren Warmblütern, mit Rücksicht auf die neueren Errungenschaften der Gewebelehre weitere Erfahrungen abzuwarten. Eine Neubildung von Nervensubstanz durch Vermehrung der übrigen Nervenzellen findet bei erwachsenen Warmblütern wahrscheinlich überhaupt nicht statt.

Die chemischen Untersuchungen haben dargetan, daß die Nervenzellen zwar im allgemeinen die Zusammensetzung entwicklungsfähiger Zellen besitzen, aber durch einen höheren Gehalt an Lecithin und Cholesterin sich auszeichnen. Ferner ist in den Kernen der Nervenzellen Erwachsener Nucleïn nur in Spuren oder gar nicht, reichlich dagegen an embryonalen Nervenzellen vorhanden.

Als sekundäre Bestandteile der nervösen Organe macht sich eine ganze Reihe von Stoffen geltend: Neurokeratin, Kephalin, Protagon, Kreatin, Taurin, Glykogen, Milchsäure, Inosit, Natriumverbindungen. Zweifelhaft ist das Vorkommen von Harnsäure und Leucin (Kossel).

Ballowitz, E., Eine Bemerkung zu dem von Golgi ..... beschriebenen „Apparato reticolare interno“ etc. Anat. Anz. 1900. — van Bergen, Zur Kenntnis gewisser Strukturbilder (Netzapparate, Saftkanälchen, Trophospongien) im Protoplasma verschiedener Zellenarten. Arch mikr. Anat. Bd. LXIV. 1904. — Bethe, A., Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Leipzig 1903. — Derselbe, Einige Bemerkungen über die „intracellulären Kanälchen“ der Spinalganglienzellen und die Frage der Ganglienzellenfunktion. Anat. Anz. 1900. — Derselbe, Die historische Entwicklung der Ganglienzellenhypothese. Ergebn. der Physiologie. 1904. — Derselbe, Der heutige Stand der Neurontheorie. Deutsche medic. Wochenschr. 1904. — Bühler, A., Untersuchungen über den Bau der Nervenzellen. Würzburg 1898. — Cajal, Das Neurofibrillennetz der Retina. Internat. Monatsschrift f. Anat. und Phys. 1904. — Corning, H. K., Über die Färbung des „Neurokeratinnetzes“ usw. Anat. Anz. 1900. — Cox, W. H., Der feinere Bau der Spinalganglienzellen des Kaninchens. Anat. Hefte No. 31, 1898. — Derselbe, Die Selbständigkeit der Fibrillen im Neuron. Beiträge zur pathologischen Histologie und Physiologie der Ganglienzellen. Internat. Monatsschrift XV. 1890. — Daddi, L., Sur les alterations des éléments du Système nerveux central dans l'insomnie expérimentale. Arch. italiennes

de Biol. XXX, 1898. Rarefaktion und Vakuolisierung des Protoplasma, chromatolytische Erscheinungen, Verlust der Kernmembran in den Nervenzellen der Zentralorgane und der Peripherie. — Dogiel, A. S., Zur Frage über den Bau der Spinalganglien des Menschen und der Säugetiere. Internat. Monatsschr. XV, 1898. — Donaggio, A., Il reticolo fibrillare endocellulare. Riv. sper. di Freniatria, 1904. — Fuchs, H., Über die Spinalganglienzellen und Vorderhornganglienzellen einiger Säuger. Anat. Hefte, 1902. — Fürst, C. M., Ringe, Ringreihen, Fäden und Knäuel in den Kopf- und Spinalganglien beim Lachse. Anat. Hefte Bd. 19, 1902. — Garten, S., Die Veränderungen in den Ganglienzellen des elektrischen Lappens der Zitterrochen nach Durchschneidung der aus ihm entspringenden Nerven. Arch. Anat. u. Phys. 1900. — Golgi, C., Sur la structure des cellules nerveuses des ganglions spinaux. Arch. italiennes de Biol. XXX, 1898. — Guerrini, G., De l'action de la fatigue sur la structure des cellules nerveuses de l'écorce. Arch. italiennes de Biol. XXXI, 1899. — Harrison, R. G., Die Histogenese des peripherischen Nervensystems bei Salmo salar. Arch. mikr. Anat. Bd. LVII, 1901. — Held, Hans, Beiträge zur Struktur der Nervenzellen und ihrer Fortsätze. Arch. Anat. u. Phys. 1897. — Holmgren, E., Zur Kenntnis der Spinalganglienzellen von Lophius piscatorius. Anat. Hefte No. 38, 1899. — Derselbe, Beiträge zur Morphologie der Zelle. Anat. Hefte No. 59, 1901. — dell'Isola, G., Le modificazioni evolutive della cellula nervosa. Internat. Monatsschrift XVII, 1900. — Jäderholm, G. A., Endozelluläre Netze oder durchlaufende Fibrillen in den Ganglienzellen? Arch. mikr. Anat. Bd. LXVII, 1905. — Joseph, H., Untersuchungen über die Stützsubstanzen des Nervensystems. Arb. zool. Inst. Wien. Bd. XIII, 1902. — Kolster, R., Über das Vorkommen von Centralkörperchen in den Nervenzellen von Cottus scorpius. Anatom. Anz. 1900. — Derselbe, Centralgebilde in Vorderhornzellen der Wirbeltiere. Anat. Hefte Bd. XVI, 1901. Es ließen sich Sphären und Zentralkörper in ruhenden Vordersäulenzellen nachweisen. Sollten sie in den übrigen Säulen ganz fehlen? — Kopsch, Fr., Die Darstellung des Binnennetzes in spinalen Ganglienzellen usw. Sitzungsber. Akad. Wiss. Berlin 1902. — v. Lenhossék, M., Über den Bau der Spinalganglienzellen des Menschen. Arch. f. Psychiatrie. 1896. — Lewis, M., Centrosome and Sphere of the Nerve Cells of an Invertebrate. Anat. Anz. XII, 1896. — Marinesco, G., Recherches sur la biologie de la cellule nerveuse. Arch. Anat. u. Phys. 1899. — Martinotti, C., Sur quelques particularités de structure des cellules nerveuses. Arch. italiennes de Biol. XXX, 1899. — Martinotti und V. Tirelli, Mikrophotographische Aufnahmen von Spinalganglienzellen zum Zwecke des Studiums ihrer Struktur. 1900. — Mühlmann, M., Die Veränderungen der Nervenzellen in verschiedenem Alter beim Meerschweinchen. Anat Anz. XIX, 1901. — Derselbe, Weitere Untersuchungen über die Veränderungen der Nervenzellen in verschiedenem Alter. Arch. mikr. Anat. Bd. LVIII, 1902. — Die Gliafasern betrachtet Erik Müller (Studien über Neuroglia, Arch. mikr. Anat. Bd. 55, 1900) sowohl morphologisch wie physikalisch-chemisch als Differenzierungsprodukte der Gliazellen, deren ektodermalen Ursprung er bestätigt. Die Neuroglia stellt nach M. einen Übergang dar zwischen dem rein epithelialen Gewebe und dem Bindegewebe; sie ist ein reines Stützgewebe. Die Annahme von Cajal, nach der die Gliazellen Kontraktilität besitzen, verwirft M. — Retzius, G., Weiteres zur Frage von den freien Nervenendigungen und anderen Strukturverhältnissen in den Spinalganglien. Biol. Unters. IX, 5, 1900. R. hält den Netzapparat von Golgi für ein flüssigkeiterfülltes Gangwerk des Zelleibes, das periphere Ausläufer besitzt. — Derselbe, Zur Kenntnis der ersten Entwickelung der Rückenmarkselemente bei den Säugetieren. Biol. Unters. VIII, 1898. — Über die embryonale Entwickelung der Rückenmarkselemente der Ophidier. Ebendaselbst. — Zur Kenntnis der Entwickelung der Elemente des Rückenmarkes von Anguis fragilis, Ebendaselbst. — Van der Stricht, La nouvelle méthode de Ramón y Cajal etc. Ann. Soc. Med. Gand 1904. — Studnicka, F. K., Über das Vorkommen von Kanälchen und Alveolen im Körper der Ganglienzellen usw. Anat. Anz. 1899. — Derselbe, Beiträge zur Kenntnis der Ganglienzellen. Sitzungsber. k. böhm. Ges. Wiss. Prag 1900. — Schaffer, J., Beiträge zur Kenntnis des Stützgerüstes der menschlichen Neuroglia. Arch. mikr. Anat. Bd. XLIV, 1895. — Schaffer, K., Zur feineren Anatomie der Hirnrinde und über die funktionelle Bedeutung der Nervenzellenfortsätze. Arch. mikr. Anat. Bd. XLVIII, 1897. Die Nervenerregung wird immer nur durch den Neuriten und dessen Kollateralen geleitet, während die Dendriten nur Nutritionsorgane sind. — Schultze, O., Beiträge zur Histogenese des Nervensystems. 1. Über die multizelluläre Entstehung der peripheren sensiblen Nervenfaser und das Vorhandensein eines allgemeinen Endnetzes sensibler Neuroblasten bei Amphibienlarven. Arch. mikr. Anat. LXVI, 1905. — Sjövall, Über Spinalganglienzellen und Markscheiden. Anat. Hefte Bd. 30, 1905. — Veratti, E., Su alcune particolarità di struttura dei centri acustici nei mammiferi. Pavia 1900. — Weigert, C., Beiträge z. Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia (1895). Die Neurogliafasern sind nicht Fortsätze der Neurogliazellen, sondern Fasern selbständiger Art, deren chemische Verschiedenheit vom Zelleibe von Anfang an vorhanden ist.

Zahl der Zellen des Erwachsenen.

Durchschnittliches Volumen des Erwachsenen	= 600 000 ccm
„ „ einer Zelle	= 0,000008 cmm
Zahl der Zellen (ohne Blut) rund	= 8 Billionen.

Außer den im Texte dieses Abschnittes bereits angeführten Schriften sind folgende Lehrbücher zu nennen, welche das Gebiet der Gewebelehre im ganzen behandeln:

Böhm, A. A., und v. Davidoff, M., Lehrbuch der Histologie des Menschen einschließlich der mikroskopischen Technik. 2. Aufl., 1898. — Hertwig, O., Die Zelle und die Gewebe. Bis jetzt 2 Bände. — Klein, E., Grundzüge der Histologie, deutsch von A. Kollmann, Leipzig, 1895, III. Aufl. — Kölliker, A., Handbuch der Gewebelehre, Leipzig, 1889—96. Fortgeführt von V. v. Ebner. — Oppel, A., Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie. Sehr inhaltreich, bis jetzt in 3 Bänden. 1. Teil. Jena, 1896. — Ranvier, L., Traité technique d'histologie. Paris, 1888. — Schäfer, E. A., Histologie, deutsch von W. Krause, Leipzig, 1889. — Schiefferdecker, P., und A. Kossel, Gewebelehre. Der morphologische Teil von ersterem, der chemische von letzterem Autor. Braunschweig, 1891. — Scymonowicz, L., Lehrbuch der Gewebelehre, einschl. d. mikr. Technik. 1900. — Sobotta, Atlas der Histologie etc. München 1902. — Stöhr, Ph., Lehrbuch der Histologie, Jena, 12. Aufl., 1906.

Sechster Abschnitt.

Der Körper als Ganzes.

1. Der Bauplan des Menschen.

So leicht es ist, den Menschen auf den ersten Blick von jedem Tiere zu unterscheiden, so ist mit der Wahrnehmung der vorhandenen auffallenden Unterschiede für die Kenntnis des Bauplanes nicht das Mindeste gewonnen. Geht man der zu lösenden Aufgabe weiter nach, so wird man bald zu dem Versuch gelangen. den menschlichen Körper in seiner Form mit jenen regelmäßigen Gebilden zu vergleichen, welche uns die Geometrie kennen lehrt und welche in dem herrlichen Reich der Kristalle so vielfach vertreten sind. Man wird finden, die Grundform des Körpers habe Ähnlichkeit mit einem Zylinder. Abplattung dieses Zylinders, entsprechend einer Ebene, welche in der Längsaxe des Zylinders liegt, eine stärkere Einschnürung oberhalb der Mitte, bringt eine Gestalt zustande, welche im allgemeinen der menschlichen ähnelt. Von den Extremitäten kann dabei abgesehen werden; oder man wird finden, sie seien annähernd zylindrisch geformte Anhangsgebilde des zylindrischen übrigen Körpers.

G. Fechner hatte den Versuch gemacht, die gesamte Oberflächenform des Körpers, insbesondere diejenige des Antlitzes, in mathematische Ausdrücke zu bringen, so wie es für die Schalen von Vogeleiern, für die so interessant geformten Gehäuse vieler Wirbellosen schon unternommen worden ist. Indessen wäre auch hiermit für die Kenntnis des Bauplanes des Körpers nichts gewonnen.

Denn es ist, wie H. Lotze mit Recht entgegenhält, die organische Gestalt hoch organisierter Körper keine bloße Gestalt, sondern die Umgrenzung einer inneren Organisation. „Die meisten aber übersehen, daß der Körper ein erfüllter Raum ist, dessen Inneres durch eine für das Äußere maßgebende Struktur ausgefüllt ist, und daher vergnügt man sich an der Hoffnung, eine Gleichung für die Körperform als bloße Form zu finden, und an der Phantasie, durch Veränderung einiger Koëffizienten die Krebsoberfläche in eine Spinnenoberfläche zu verwandeln. — Die mathematischen Linien und Flächen haben keine Entwicklungsgeschichte und keine Eingeweide."

Aber man könnte daran denken, ihnen Eingeweide zu geben. Doch auch abgesehen hiervon, können wir aus der Betrachtung der äußeren Form einiges lernen, was für die Kenntnis des Bauplanes Wert hat; dies zu erkennen, hat Lotze keineswegs übersehen.

Legen wir ein rechtwinkliges Axensystem in den Körper, so ergibt es sich leicht, daß eine Asymmetrie des Körpers in der Längsaxe vorhanden ist. Ebenso ist eine Asymmetrie in der Dorsoventralaxe vorhanden. Dagegen ist Symmetrie in der Queraxe gegeben.

Eine derartige Verschiedenheit der Axen ist im Tierreich zwar in sehr weiter Verbreitung ausgeprägt, aber doch nicht überall. Es kann Gleichmäßigkeit aller Axen vorhanden sein; oder nur eine der Axen hat ungleichwertige Pole, die beiden anderen sind gleichpolig und untereinander selbst gleich.

Man nennt die bei dem Menschen, allen Wirbeltieren und vielen Wirbellosen, aber auch schon bei Pflanzenblättern sich ausprägende Körperform mit Häckel (Generelle Morphologie) die eudipleure Körperform, Typus der Eudipleuren, Homo-Form.

Die stereometrische Grundform ist die gleichschenklige Pyramide, d. h. eine Pyramide, deren Basis ein gleichschenkliges Dreieck bildet. Bei dieser Grundform ist eben Asymmetrie in der Längsaxe, Asymmetrie in der einen, und Symmetrie in der anderen der beiden übrigen Axen vorhanden.

Bei diesem Typus der Eudipleuren besteht der Körper aus zwei Antimeren oder Parameren, welche aber nur symmetrisch gleich und nicht kongruent sind. Von den beiden Kreuzaxen ist nur die radiale gleichpolig, dagegen die interradiale ungleichpolig. Die erstere fällt mit der lateralen, die letztere mit der dorsoventralen Richtaxe zusammen. Durch die Medianebene wird der Körper in zwei symmetrisch gleiche Hälften zerlegt, ein rechtes und ein linkes Antimer. An beiden sind die Ansätze der rechten und linken Extremität gegeben. Durch die Lateral-Ebene wird der Körper in zwei ungleiche Hälften zerlegt, eine Rückenhälfte und eine Bauchhälfte. An der ungleichpoligen Längsaxe ist der eine Pol der Mundpol, der andere der Gegenmundpol.

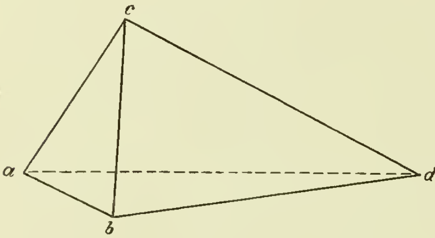


Fig. 213.

Gleichschenkelige Pyramide, welche auf der Seitenfläche *abd* liegt; Basis — *abc*; *ac* und *bc* die beiden gleichen Schenkel der Basis, *ab* der ungleiche Schenkel der Basis.

Die erwähnte Symmetrie ist etwas so Merkwürdiges, daß man, wie auch bei der Erwägung der Asymmetrien in der Längs- und Dorsoventralaxe, mit seinen Gedanken nicht so schnell darüber hinweggehen darf, sondern dabei lange verweilen muß. Man bedenke doch, zwei im wesentlichen gleich gestaltete und auch dem inneren Bau nach wesentlich gleich beschaffene und mit übereinstimmender Tätigkeit begabte Hälften sind in der Medianebene zu einem Ganzen verbunden, dessen symmetrische Hälften zu einheitlichen Zielen zusammenwirken. Die Symmetrie ist allerdings keine vollkommene. Schon frühzeitig treten im Lauf der Entwicklung Asymmetrien auf, besonders im Gebiet der Eingeweide, so daß diese schließlich ungleich auf beide Körperhälften verteilt sind. Insofern hat man ein Recht, von einer dysdipleuren Form zu reden.

Geht man genauer auf die vorhandenen Asymmetrien ein, so wäre darüber noch viel Interessantes zu sagen möglich. Kein großer Abschnitt des erwachsenen Körpers ist, wie C. Hasse ausführlicher gezeigt hat, streng symmetrisch gebaut. Die Kopf-, Hals-, Brust-, Bauch- und Beckenhälften sind ungleich, ungleich sind auch die rechte und linke, obere wie untere Extremität. Indessen werden uns diese Asymmetrien im einzelnen erst später zu beschäftigen haben. Der Hauptsache nach ist die bilaterale Symmetrie trotz vieler Ungleichheiten im einzelnen ja doch typisch.

Wie schon bemerkt worden ist, spricht sich in den Axensystemen des Körpers etwas von seinem Bauplan aus. Aber das Ganze des Bauplanes ist darin nicht enthalten.

Wird uns vielleicht die Untersuchung der Maßverhältnisse des Körpers und seiner einzelnen Teile den Bauplan genauer erkennen lassen?

Die Untersuchung der linearen, Flächen- und kubischen Maße des Körpers und seiner einzelnen Teile, ebenso die Untersuchung des Gewichtes des Körpers und seiner Teile bildet zwar eine ausgedehnte Aufgabe der Anatomie. Die Lehre von den Maßen ist nach zwei Seiten ausgebildet worden, für die Zwecke der Wissenschaft und für diejenigen der Kunst. So wichtig die Lehre von den Maßen, besonders die vergleichende Lehre dieser, für die genauere Kenntnis des Körpers und seiner Teile natürlicherweise auch ist, so führt sie uns in der Kenntnis des Bauplanes doch nicht weiter.

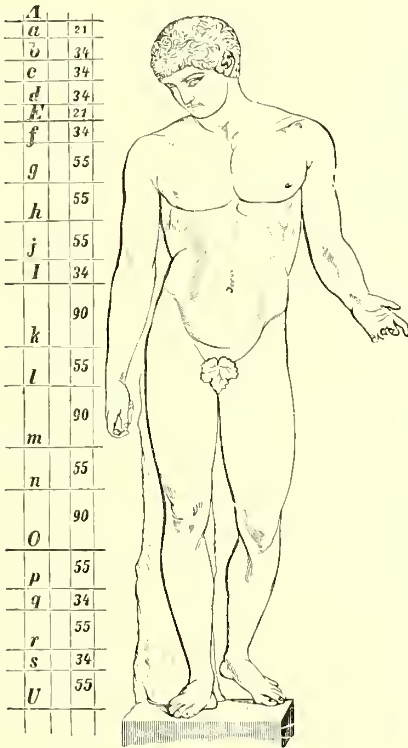


Fig. 214.
Antinous nach Zeising.

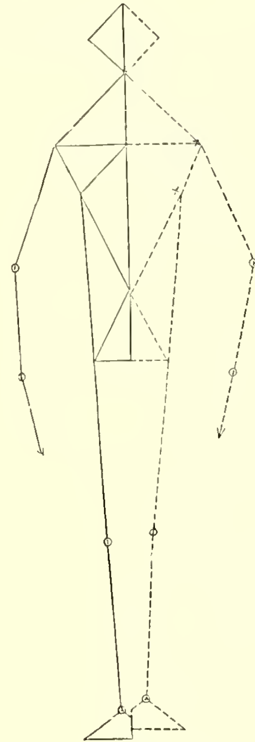


Fig. 215.
Proportionen des goldenen Schnittes.

Um aber für die Lehre von den Maßen Interesse zu erwecken, so sei hierüber das Folgende ausgeführt.

Schon der römische Baumeister Vitruvius hat in Beurteilung der menschlichen Gestalt die Angabe gemacht, die Kopfhöhe sei in der ganzen Körperhöhe achtmal, die Fußlänge sechsmal enthalten.

Nach Schadow sind die Maße von Stamm und Gliedern meist ein Vielfaches von drei Zoll. Znnächst wiederholt sich seinen Messungen zufolge in allen Hauptabteilungen des Rumpfes das Maß der gesamten Kopfhöhe zu 3 mal 3 = 9 Zoll.

Zeising seinerseits suchte zu beweisen, daß die Maßverhältnisse (Proportionen) der menschlichen Gestalt abhängen von einer beharrlichen, streng durch-

geführten Teilung und Wiederteilung der ganzen Statur nach der Regel des „goldenen Schnittes“. Der goldene Schnitt besteht bekanntlich in der Zweiteilung einer gegebenen Linie in dem Verhältnis, daß der kleinere Teil sich zu dem größeren verhält, wie dieser zum Ganzen.

C. G. Carus hat in seinem Werk „Symbolik der menschlichen Gestalt“ die Maßverhältnisse des Körpers auf die Länge des aus wahren Wirbeln zusammengesetzten Teils der Wirbelsäule bezogen. Die Wirbelsäule in dieser Abgrenzung ist ihm und anderen das Vorbild der gesamten Leibesgliederung. Ihre Länge teilt er in drei gleiche Teile; einen jeden solchen Teil erklärt er für ein „wirkliches, natürliches Grundmaß“, für die organische Maßeinheit des menschlichen Körpers. Die gesamte Rückgratlänge des gesunden Neugeborenen entspricht dieser Maßeinheit, sie ist nach ihm als Modulus zu bezeichnen. Ein solcher Modulus hat 18 cm Länge. Die Gesamthöhe der männlichen Gestalt beträgt $9^1/_2$ Modulus; die Höhe des Kopfes ohne Unterkiefer = 1 Modulus; der Längsdurchmesser des Kopfes = 1 Md.; der Bogen des Unterkiefers mit seinen Ästen = 1 Md.; die Länge des Brustbeines = 1 Md.; die Länge vom Brustbein bis zum Nabel = 1 Md.; die Länge vom Nabel bis zum unteren Ende des Schambogens = 1 Md.; die halbe Schulterbreite längs des Schlüsselbeines = 1 Md.; die Länge des Schulterblattes = 1 Md.; vom Sitzknochen bis zum Darmbeinkamme = 1 Md.; von der Schamfuge bis zum Darmbeinkamme = 1 Md.; von einem Darmbeinstachel bis zum anderen = 1 Md. In entsprechender Weise stellt Carus an den Extremitäten seine Messungen an.

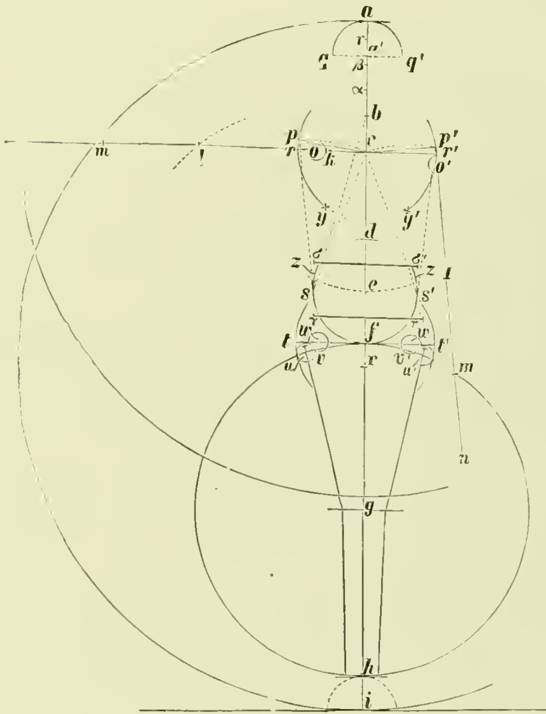


Fig. 216.

Liharzeks Proportionsschlüssel.

Man erkennt, Carus arbeitet nicht bloß für den Künstler, sondern er glaubt als Naturforscher zu handeln und ist bestrebt der Wissenschaft zu dienen. In der Tat ist es interessant zu sehen, wie oft sein Modulus wiederkehrt, freilich auch als $1^1/_2$, $1^1/_3$ und $1^2/_3$ Modulus (bei den Extremitäten); nicht minder interessant ist es zu sehen, wie oft der Schadowsche Modulus von drei Zoll und 3mal 3 Zoll wiederkehrt; wie auch die Regel des goldenen Schnittes in einer Reihe von Abmessungen sich bewahrheitet.

Einen neuen Kanon der menschlichen Gestalt gab Liharzek. Er fußt wesentlich auf der Lehre von C. Schmidt, daß eine rationelle Proportionslehre, welche für alle Stellungen des Körpers ihre Gültigkeit behalten soll, die Drehpunkte oder Bewegungsaxen der Gelenke als die natürlichen, in allen Stellungen unveränderlichen Grenzen der Körperteile aufsuchen muß; sie hat die Abstände dieser Grenzpunkte zu messen und aus den so gewonnenen Maßen das System zu konstruieren.

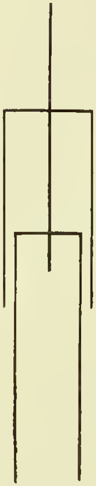
Der neueste Autor auf dem Gebiet der Proportionslehre, G. Fritsch[1]), äußert sich wie folgt: „Der geniale Gedanke Schmidts beruht in dem Umstande, daß in dem nach obigen Angaben entworfenen Gerüst des Rumpfes auch die Proportionsverhältnisse der Gliedmaßen enthalten sind, gleichsam als wären sie demselben noch angedrückt wie im Mutterleibe, wenn auch nicht in der natürlichen Haltung. Auch hier ist wieder zu bemerken, daß, abgesehen von dieser embryologischen Beziehung, das Auftreten der Gliedmaßenlängen in dem Rumpfgerüst als zufällig, die Übertragung in die Wirklichkeit als willkürlich bezeichnet werden könnte, und doch wäre der praktische Vorteil des Systems, eine Unterlage für weitere Vergleichungen zu schaffen, vollkommen erreicht. Der Autor hat in betreff der Gliederung den embryologischen Gesichtspunkt gar nicht betont, vielleicht leitete ihn dabei nur ein gewisser naturwissenschaftlicher Instinkt; sehr merkwürdigerweise ist er demselben aber sogar weiter gefolgt, als die Beobachtung rechtfertigt. Dies gilt speziell in betreff der viel umkämpften Beinlängen, die Schmidt auch unrichtig auffaßte. Nach seiner Angabe liest man die Größe des Ober- und Unterschenkels aus dem Proportionsschlüssel so ab, als hätte der Mensch, wie bei der normalen embryonalen Stellung, die Beine an den Leib gezogen; es ist nach ihm die Verbindung des Brustwarzenpunktes zum Schenkelpunkte derselben Seite für den Oberschenkel, — die Verbindung von demselben Punkte zum Schenkelpunkte der anderen Seite, also die längere, für den Unterschenkel zu nehmen. Wenn man bedenkt, daß Schmidt dabei vom Schenkelkopfe zur Mitte des Knies und in gleicher Weise von der Mitte des Knies zum Fußgelenke mißt, also tatsächlich die Ober- und Unterschenkelknochen in Rechnung stellt, so ist es anatomisch unter normalen Verhältnissen unmöglich, daß der Unterschenkel den Oberschenkel an Länge übertrifft; wahrscheinlich kommt dies selbst unter ganz abweichend gebauten Rassen nicht vor, und es ist daher notwendig, die Längen für den Ober- und Unterschenkel am Schmidtschen Schema zu vertauschen, um zu brauchbaren Werten zu gelangen. — Ähnlich wie die untere Extremität, lehnt sich auch die obere an das Rumpfgerüst an. Hier ist aber der Vergleich mit einer normalen Haltung des Gliedes ausgeschlossen. Schulterpunkt zum Brustwarzenpunkt der anderen Seite gibt den Oberarm, Brustwarzenpunkt zum Nabelpunkt den Unterarm, Nabelpunkt zum Schenkelpunkt die Handlänge. Zufällig oder nicht, man wird finden, daß diese Maße in der Natur ganz auffallend häufig zutreffen, und man kann demnach schon jetzt als erwiesen annehmen, daß die Vorderextremität bei weitem nicht in so hohem Maße der speziellen Anpassung unterliegt, wie die hintere. — Stellt man an einer Figur möglichst genau das Grundmaß (unterer Nasenrand zum oberen Rande des Schambeinbogens) fest und entwirft danach das Gerüst des Körpers in der angegebenen Weise, indem man die Liniierungen nur auf einer Seite wirklich ausführt, so kann man die vordere Seite nach den direkten Messungen durch punktierte Linien anlegen und erhält so ein übersichtliches Bild von dem Soll und Haben der Figuren, d. h. die theoretisch verlangten und die tatsächlich vorhandenen Proportionen. Zur Erleichterung der Vergleichung kann man auf der punktierten, gemessenen Seite die frei auslaufenden symmetrischen Punkte der theoretischen Konstruktion durch isolierte Kreuze markieren."

Wenn auch nach Michelangelos großem Wort der Künstler den Zirkel im Auge haben muß, so beweist doch zugleich gerade dieser Ausspruch die Wichtigkeit der Maße. Und es ist ganz naturgemäß, daß selbst die bedeutendsten Künstler, unter ihnen Michelangelo, es nicht verschmäht haben, über die Größenverhältnisse des Körpers eingehende Untersuchungen anzustellen. Hier ist besonders Lionardo da Vinci und Albrecht Dürer zu erwähnen.

Lange bevor die wissenschaftliche Messung in der Anatomie in Übung kam, haben die Künstler uns gelehrt, die Maße zu schätzen. In der Gegenwart freilich haben die wissenschaftlichen Messungen am Körper und seinen Teilen eine Ausdehnung erreicht und in ihren Methoden eine Verfeinerung erfahren, wie es kaum zu erwarten war, aber wie es dem wissenschaftlichen Bedürfnis ganz entspricht. Man darf indessen nicht glauben, diese Messungen hätten ihr Endziel bereits erreicht. Wenn wir unseren Blick auf die verschiedenen Rassen und ihre Unterabteilungen richten, auf die Geschlechts- und Altersunterschiede und die Vergleichung mit den näherstehenden Tieren, so ist hier noch eine sehr bedeutende Arbeit erforderlich, bis an ein Ende gedacht werden kann.

1) Zeitschrift f. Ethnologie. Herausgeg. von Bastian, Virchow und Voss. 27. Jahrgang, 1895, Heft 2. Ebendaher Fig. 214 und 215.

Wenn man nun im Anschluß an das Angegebene versuchen wollte, den Bauplan des Körpers zu entwerfen, so würde der Versuch vielleicht ähnlich ausfallen, wie in nebenstehender Fig. 217 angedeutet ist. Eine Vertikale wird gekreuzt von zwei Horizontalen, an deren Enden neue Vertikalen herabfallen. Ist hier nicht unverkennbar etwas gegeben, was jedermann mit dem menschlichen Typus in Verbindung bringen wird?


Fig. 217.

Ist nun aber in diesem System gerader Linien der Bauplan des Körpers wirklich enthalten? „Der Hauptsache nach, ja!" So haben vor Zeiten viele gedacht und glauben es heute ebenfalls noch viele. In Wirklichkeit aber ist in dieser Konstruktion kaum eine äußerliche Spur des Bauplanes des Körpers niedergelegt.

Um diesen kennen zu lernen, müssen wir uns nach zwei Gebieten umsehen, von welchen allein hier die Hilfe kommt. Der menschliche Körper steht viel zu hoch auf der Stufenleiter der lebenden Wesen, als daß an ihm selbst dieser Bauplan ohne weiteres offenbar werden könnte. Selbst die gewaltigsten Bauwerke, welche der Mensch aufgeführt hat, haben nicht den Wert eines Samenkornes gegenüber der Leistung, welche die Natur im Menschen offenbart hat. Nicht allein im Menschen, sondern in jedem lebenden Wesen. Wie sollte also von der Betrachtung des Menschen allein die Hilfe kommen? Diejenigen Gebiete aber, von welchen sie kommen kann, sind die vergleichende Anatomie und die Entwicklungsgeschichte.

Der Weg der vergleichenden Anatomie ist lang, aber sicher. Nicht minder lang und nicht minder aussichtsvoll, einer die Ergänzung des anderen, ist der Weg der Entwicklungsgeschichte.

Wir werden den letzteren einschlagen, indem wir auf den anderen verweisen. Aber es ist einleuchtend, daß, gleichsam im Fluge, nur einige Stationen berücksichtigt werden können.

Das befruchtete Ei, es sei dasjenige des Amphioxus[1]), jenes Tieres, dessen von A. Kowalewsky zuerst untersuchte Entwicklungsgeschichte diejenige der Wirbeltiere erst dem Verständnis erschloß, hat dabei unseren Ausgangspunkt zu bilden.[2]) Das befruchtete Ei hat zunächst die Furchung durchzumachen, d. h. jene gesetzmäßige und wunderbare Reihe von Teilungen, welche die aus Konjugation hervorgegangene eine Zelle in einer Schar von Zellen bestimmten Wertes zerlegt.

Die aus der Furchung hervorgegangene und immer weiteren Teilungen unterliegende Zellenmasse hat zu einer gewissen Zeit die Form einer einschichtigen Hohlkugel angenommen, wie Fig. 218 sie im Durchschnitt darstellt. Die umschlossene, flüssigkeiterfüllte Höhle ist die Furchungshöhle, oder die primäre Leibeshöhle, das primäre Cölom, welches seiner Funktion gemäß oben als Urlymphraum Erwähnung gefunden hat. Man nennt dieses Stadium das der Blastula, das der Keimblase. Alle Zellen sind in Form eines schönen Epithels in einfacher Schicht aufgereiht. Die Trennungslinien der Zellen stehen senkrecht zur Oberfläche.

Die Blastula zeigt deutliche Ungleichheit zweier Hälften, und dem entsprechend zwei Pole, einen animalen, einen vegetativen. Um letzteren stehen größere dunkler körnige Zellen.

In einem späteren Stadium hat das junge Individuum die Form der Fig. 219, welche den wirklichen oder den optischen Medianschnitt des ganzen Gebildes darstellt. Das Gebiet der um den vegetativen Pol gelegenen Zellen hat sich unter fortgehenden Wachstumerscheinungen und Aufsaugung der Binnenflüssigkeit in die obere Hälfte eingestülpt. Aus der Blastula ist die Gastrula geworden.

---

1) Amphioxus selbst ist vielleicht keine Wirbeltierform, sondern ist der Vertreter einer den Vertebraten gleichwertigen Chordoniergruppe. — Ch. S. Minot, Cephalic Homologies. A Contribution to the determination of the ancestry of Vertebrates. The American Naturalist XXXI, 1897.

2) A. Kowalewsky, Entwicklungsgeschichte des Amphioxus lanceolatus. Mémoires de l'Academie impériale des Sc. de St. Petersbourg. T. XI, 1867.

Das primäre Cölom ist verschwunden, eine zweiblättrige Blase liegt vor, deren Einstülpungsöffnung den Namen Urmund, Prostoma, Blastoporus, führt. Die von beiden Blättern umschlossene Höhle ist die Urdarmhöhle. Die äußere Zellenschicht führt den Namen äußeres Keimblatt, die innere, aus größeren Zellen bestehende: inneres Keimblatt. Außer diesen beiden Epithelblättern, welche am Urmundrand ineinander übergehen, ist nichts vorhanden; aus ihnen gehen alle künftigen Gewebe und Organe hervor.

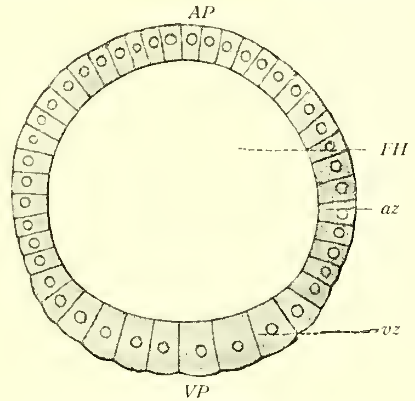


Fig. 218.

Keimblase des Amphioxus lanceolatus. (Nach Hatschek.)
Fh Furchenhöhle; *az* animale, *vz* vegetative Zellen; *AP*, *VP* animaler, vegetativer Pol.

Diese beiden Blätter kehren bei allen Metazoen wieder, wenn auch in verschiedenartiger Gestaltung. Es spricht sich in ihnen die erste große Arbeitsteilung aus, indem sie verschiedene Funktionen übernommen haben. Man nennt sie daher mit einem Ausdrucke von Baers die Ur- oder Primitivorgane des tierischen Körpers.

Das äußere Keimblatt (Ektoblast, Epiblast) bildet nicht allein die Körperhülle, sondern dient auch als Organ der Empfindung. Wenn sich Flimmerhärchen an der Außenfläche seiner Zellen entwickeln, wie bei dem Amphioxus, übernimmt es auch die Fortbewegung.

Das innere Keimblatt (Entoblast, Hypoblast) kleidet die Urdarmhöhle und übernimmt später die Aufnahme und Verarbeitung der Nahrung.

Aus dem Ektoblast wird die Epidermis mit ihren besonderen Gebilden hervorgehen, wichtige Teile der Sinnesorgane, das Nervensystem. Der Entoblast wird alle übrigen Körperteile zu liefern haben: den Darm mit seinen Drüsen, die Leibeshöhle, die Muskulatur, Bindesubstanz, Exkretionsorgane, Keimdrüsen.

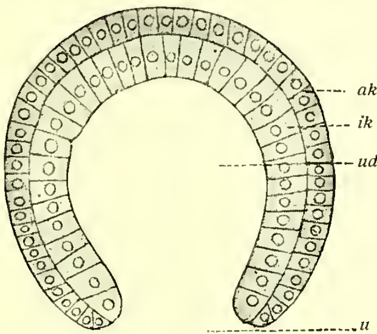


Fig. 219.

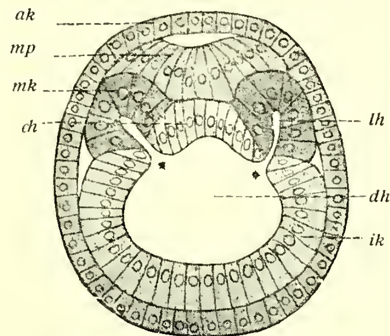


Fig. 220.

Fig. 219. **Gastrula des Amphioxus lanceolatus.** (Nach Hatschek.)
ak äußeres Keimblatt; *ik* inneres Keimblatt; *ud* Urdarm; *u* Urmund.

Fig. 218. **Querschnitt von einem Amphioxus-Embryo,** an welchem das fünfte Ursegment in Bildung begriffen ist. (Nach Hatschek.)
ak, ik, mk äußeres, inneres, mittleres Keimblatt; *mp* Medullarplatte; *ch* Chorda; *dh* Darmhöhle; *lh* Leibeshöhle.

Der weitere Verlauf der Entwicklung ist folgender: Die Gastrula schreitet, um einen kurzen und treffenden Ausdruck von Jäger zu gebrauchen, zur Stufe der Neurula vor. Letztere ist, wie der Name ausdrückt, gekennzeichnet durch die Anlage des zentralen Nervensystems, aber auch der Leibessäcke und der Chorda dorsalis. Die Umwandlung geschieht in folgender Weise.

Die Gastrula streckt sich in die Länge, der Urmund wendet sich ein wenig gegen die spätere Rückenfläche des Embryos empor. Die Rückenfläche plattet sich darauf etwas ab, die Zellen dieses Gebietes werden höher und bilden die Medullar- oder Nervenplatte, die Anlage des Nervensystems. Der Urdarm macht unterdessen merkwürdige Veränderungen durch. Er treibt an seiner Decke seitlich von der Medianebene zwei symmetrisch gelegene, epitheliale Säcke aus, deren Höhlung einen Teil der Urdarmhöhle einschließt, ebenso wie die Wand der beiden Säcke aus einem Teil der Urdarmwand besteht.

Ein Querschnitt durch eine Larve des Neurula-Stadiums ergibt daher das Bild der Fig. 220.

Die zwischen dem Eingang in die Leibessäcke gelegene Strecke der Urdarmdecke (zwischen beiden Sternen gelegen) ist die Anlage der Chorda dorsalis, der Rückensaite, des primitiven Axenskelets. Man kann nun entweder die Substanz der beiden Leibessäcke allein, oder sie in Verbindung mit der Chordaplatte

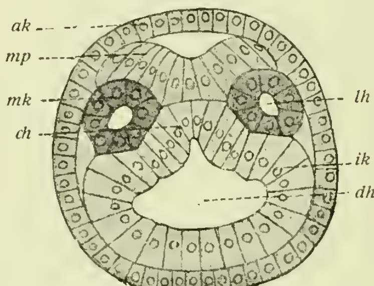


Fig. 221.

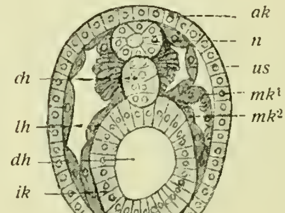


Fig. 222.

Fig. 221. **Querchnitt durch einen Amphioxus-Embryo** mit fünf wohlausgebildeten Ursegmenten. (Nach Hatschek.) *ak, ik, mk* äußeres, inneres, mittleres Keimblatt; *mp* Medullarplatte; *ch* Chorda; *dh* Darmhöhle; *lh* Leibeshöhle.

Fig. 222. **Querschnitt durch die Mitte des Körpers eines Amphioxus-Embryo** mit elf Ursegmenten. (Nach Hatschek.) *ak, ik, mk* äußeres, inneres, mittleres Keimblatt; mk^1 parietales, mk^2 viscerales Blatt; *dh* Darmhöhle; *n* Nervenrohr; *us* Ursegment; *ch* Chorda; *lh* Leibeshöhle.

als Anlage des mittleren Keimblattes, des Mesoblast bezeichnen. Alle zusammen gehen aus der Wand des Urdarms hervor. Der große, übrigbleibende Teil des Urdarmes ist nunmehr der bleibende Darm. Seine Wand ist das Darmdrüsenblatt, Entoderma.

Die sich anschließenden Entwicklungsvorträge zielen darauf hin, die Leibessäcke, die Chorda dorsalis, die Darmwand von einander zu sondern und auch die Medullarplatte zu einem Rohr zu gestalten.

Wie Fig. 221 zeigt, schnüren sich zuerst die Leibessäcke ab. Aber sie schnüren sich nicht allein ab, sondern gehen alsbald noch anderweitige wichtige Gliederungen ein.

Die Chordaanlage, jetzt mit dem Darmepithel unmittelbar zusammenhängend und rinnenförmig gestaltet, trennt sich vom Darmepithel, sodaß letzteres zu einem geschlossenen Rohr und die Chorda dorsalis zu einem ebenfalls als Rohr zu beurteilenden Stab sich umgestaltet, wie Fig. 222 veranschaulicht.

Auch die Medullarplatte hat sich unterdessen zu einem Rohr umgewandelt, indem ihre Seitenränder sich erhoben und miteinander verbunden haben.

Am hinteren Ende des Neuralrohrs sind schon frühzeitig höchst wichtige Erscheinungen zutage getreten. Anstatt dieselben bei dem Amphioxus-Embryo zu

verfolgen, welcher hierin gewisse Besonderheiten darbietet, wenden wir uns zu Embryonen von Batrachiern.

Ein Längsschnitt durch einen Frosch-Embryo auf der Neurula-Stufe (Fig. 223) zeigt uns bei *nc* das kurz vorher geschlossene Neuralrohr. Es hat über sich einen Teil des epidermalen Rohres, unter sich die epitheliale Decke des Darmrohres und ist bereits allseitig von Teilen des mittleren Keimblattes umgeben. Hierbei hat das zwischen dem Neural- und Darmrohr gelegene Stück des mittleren Keimblattes zum großen Teil als Anlage der Chorda dorsalis zu gelten. Bei *x* liegt nun gerade die Stelle, auf deren Kenntnis es ankommt. Das Neuralrohr verbindet sich in der Gegend des Urmundes mit dem Darmrohr. Neural- und Darmrohr miteinander in Zusammenhang gebracht, stellen aber eine U-förmig gebogene Röhre mit zwei Schenkeln dar, deren einer dem Neural-, der andere dem Darmrohr angehört. Den Verbindungsgang zwischen beiden nennt man Canalis neurentericus. Der Canalis neurentericus ist eine Erscheinung, welche vom Amphioxus hinauf bis zum Menschen vorhanden ist.

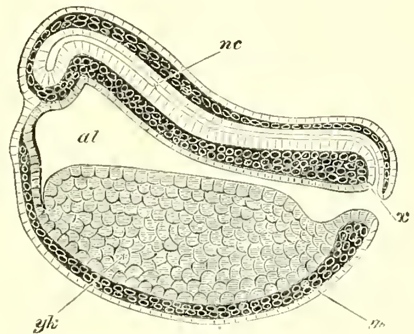


Fig. 223.

Schematischer Längsschnitt durch einen Embryo des Frosches. (Nach Götte, aus Balfour.) *nc* Nervenrohr; *x* Kommunikation desselben mit Urmund und Darmkanal *al*; *yk* Dotterzellen; *m* mittleres Keimblatt. Der Einfachheit wegen ist das äußere Keimblatt nur als einreihige Zellschicht dargestellt.

Fassen wir zusammen, so sehen wir jetzt folgende epitheliale röhrenförmige Gebilde vor uns, in welche das Zellenmaterial des ganzen Embryos sich gegliedert hat:

1. Das epidermale Rohr; 2. das Medullar- oder Neuralrohr mit dem Canalis neurentericus; 3. das Darm- oder Gastralrohr; 4. und 5. zwei seitliche Nebenröhren, die Leibessäcke, das sekundäre Cölom umschließend; 6. ein dorsales Nebenrohr, die Rückensaite oder Chorda dorsalis.

Man erkennt, daß diese Anlage außerordentlich weit von dem Liniensystem der Fig. 217 entfernt ist. Aber sie enthält bereits die Hauptgrundlage des Bauplans der Wirbeltiere und des Menschen. Auch am fertigen Menschen vermag der Kenner diese Grundlage durch alle späteren Umgestaltungen hindurch zu erblicken. Sie enthält ferner die weitgehendsten Beziehungen zu den Bauplänen der ungeheuren Welt der Wirbellosen.

Übrigens haben vorerst die ferneren Schicksale der beiden Leibessäcke unsere volle Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen: Die beiden seitlichen Nebenröhren oder Leibessäcke zerfallen nämlich in der Richtung von vorn nach hinten allmählich in eine Reihe von Stücken, welche den Namen Ursegmente erhalten haben.

Von diesem für die Kenntnis des Bauplanes so bedeutungsvollen Vorgange gibt Fig. 224 eine deutliche Anschaunng. Auf der vorliegenden Stufe sind nur wenige Paare von Ursegmenten vorhanden. Bei einer Amphioxus-Larve von 24 Stunden ist ihre Anzahl bereits auf 17 Paare gestiegen, indem im hinteren Leibesteil immer neue zur Abgliederung gelangen, bis endlich die volle Anzahl erreicht ist.

Jedes Ursegment ist dem angebenen und der Figur entsprechend ein epitheliales von einem einschichtigen Epithel gebildetes Bläschen. An der inneren Wand eines jeden derselben hängt anfangs die Ursegmenthöhle noch zusammen mit dem Darmraum. Doch schließen sich der Reihe nach endlich alle diese Öffnungen, indem ihre Ränder zusammenwachsen.

Auf einer so geringen Größe, wie sie unmittelbar nach ihrer Anlage gegeben ist, beharren aber die Ursegmente keineswegs, sondern sie haben noch ein sehr bedeutendes Wachstum und eine Fülle von Aufgaben vor sich. Enthalten sie doch neben vielem anderen auch Keime der künftigen Generation. Zunächst wachsen sie dorsal- und ventralwärts aus. Dorsalwärts erheben sie sich an den Seiten des Neuralrohres und dringen zwischen ihm und dem epidermalen Rohr gegen die Mittellinie vor, ohne sie zu erreichen. Ventralwärts dringen sie zwischen dem bleibenden Darm und dem epidermalen Rohr ebenfalls gegen die Mittellinie vor (Fig. 221), um diese endlich zu erreichen und zusammenzufließen, sodaß die Leibeshöhle der einen Seite mit derjenigen der anderen in unmittelbarer Verbindung steht Fig. 222.

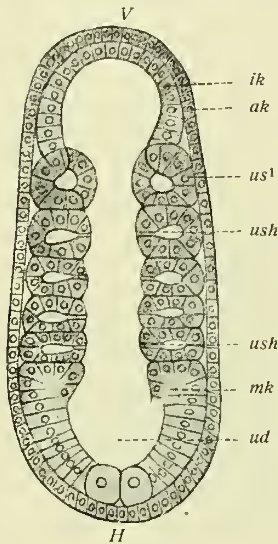


Fig. 224.

Amphioxus-Embryo mit fünf Paar Ursegmenten im optischen Durchschnitt. (Nach Hatschek.) Vom Rücken gesehen. Die Öffnungen der Ursegmenthöhlen in die Darmhöhle, welche bei tieferer Einstellung zu sehen sind, erscheinen angedeutet. *V* vorderes, *H* hinteres Ende; *ak, ik, mk* äußeres, inneres, mittleres Keimblatt; *us*1 erstes Ursegment; *ush* Ursegmenthöhle; *ud* Urdarm.

Die dem Neuralrohr, der Chorda dorsalis und dem Darmrohr anliegende Platte des Ursegmentes stellt die innere oder mediale Lamelle des Mesoblast dar; die dem epidermalen Rohr anliegende heißt äußere oder laterale Lamelle.

Auf einem alsbald sich anschließenden Stadium zerfällt jedes Ursegment durch eine horizontale Einfaltung in zwei Teile, einen dorsalen und einen ventralen, wie in Fig. 222 auf der rechten Seite dargestellt ist. Wie also die Ursegmente aus den Leibessäcken durch senkrecht auf die Längsaxe gerichtete Einfaltungen entstanden sind, so zerlegt nun eine horizontale, der Längsaxe parallele Einfaltung jedes Ursegment in zwei Stücke. Das dorsale Stück ist hiermit zum sekundären Ursegmente, zum Somiten geworden (von σῶμα). Die ventralen Stücke jeder Körperseite unterscheiden sich von den dorsalen in der Folge dadurch, daß erstere alsbald untereinander wieder zusammentreten und verschmelzen. Die trennenden Zwischenwände verschwinden bei dieser Verschmelzung. So kommt jederseits wieder eine epitheliale Tasche von großer Längsausdehnung zustande: die Leibeshöhle im engeren Sinne, das Hypocölom, wie dieser Teil der gesamten Leibeshöhle durch van Wijhe passend genannt worden ist (Splanchnocoel, Hatschek). Die in den Somiten gelegenen Höhlen stellen demgemäß das Epicölom (Myocoel, Hatschek) dar.

Die innere oder mediale Lamelle des Hypocölom-Sackes führt den Namen der visceralen Lamelle oder kurz Splanchnopleura; die äußere oder laterale Lamelle heißt parietale Lamelle oder Somatopleura.

Aus den Somiten, welche man auch häufig Urwirbel nennt, gehen Muskulatur und Bindesubstanz hervor.

Die epithelialen Wände des Hypocöloms liefern ebenfalls einen Teil der Muskulatur und der Bindesubstanz, aber auch das bleibende Epithel der Leibeshöhle, die Exkretionsorgane und die Keimdrüsen.

Die Ausgestaltung der verschiedenartigen Anlagen zu den fertigen Organen wird uns jedoch erst bei der Untersuchung der einzelnen Körpersysteme weiter zu beschäftigen haben.

So verhält es sich mit dem Bauplan des Stammes. Wie verhalten sich zu ihm die Extremitäten? Die Extremitäten gehören nicht notwendig zum Begriff des Wirbeltieres; denn es gibt Wirbeltiere ohne solche. Wo aber Extremitäten vorhanden sind, gehen sie hervor aus einer symmetrisch gelegenen Längsfalte der ventralen Wand des Stammes. Anfänglich nur eine Hautfalte, aus Epidermis und nachrückender Bindesubstanz bestehend, wächst diese Hautfalte an vier Stellen bedeutend vor und nimmt Muskelknospen von den Somiten auf. Insofern steht das Epicölom mit der Extremitätenanlage in Beziehung. Weder das Hypocölom, noch das Darm-, noch das Neuralrohr jedoch beteiligen sich an der Anlage der Extremitäten.

Man erkennt hieraus, welch eine verhältnismäßig geringe Rolle im Bauplan des Wirbelkörpers die Extremitäten spielen. Man könnte sie fast außer Betracht lassen, und hätte doch das Wesentliche des Bauplanes verstanden. Umgekehrt spielen in der Kunst die Extremitäten eine außerordentlich große Rolle. Aber auch für die Zwecke der Kunst und der Ausbildung eines naturwissenschaftlich erträglichen Kanons der menschlichen Gestalt wird der wirkliche Bauplan und das Verhältnis der Extremitäten zu ihm künftig immer den Ausgangspunkt zu bilden haben.

Folglich haben für die Herstellung eines Kanons sämtliche Abmessungen erst am Stamm des Körpers der verschiedenen Altersstufen, Geschlechter, Rassen und (mit Bezug auf Tiere) der Arten zu geschehen. Dann sind die Abmessungen an den Extremitäten vorzunehmen und ihre Ansätze an dem Stamm zu bestimmen. Die großen Gelenkstellen können im Gebiet der Extremitäten sehr wohl Verwendung finden. Nicht vorgefaßte Meinungen haben dabei den Zirkel zu führen, sondern einzig das vorher gewonnene Verständnis des zu messenden Körpers.

Wenn man auch die Entwicklungsgeschichte des Amphioxus lanceolatus sehr wohl zur Grundlage einer Betrachtung des Bauplans auswählen kann, so soll damit nicht vergessen sein, daß die Entwicklungsgeschichte der höheren Wirbeltiere und des Menschen viele und zum Teil ansehnliche Unterschiede zeigt. Alle diese Unterschiede aber, so groß sie auch sein mögen, beziehen sich nicht auf die Grundzüge des Bauplans, welche bei allen Wirbeltieren und ebenso bei dem Menschen wiederkehren. Die Natur schlägt bei dieser Entwicklung keinen neuen Weg ein, sondern folgt einem bereits von ihr zunächst bei den Säugetieren betretenen. Auf dieser Bahn bringt sie das Ganze des Menschen und seine einzelnen Organe zu denjenigen Stufen und Formen der Vollendung, wie sie das Wesen des Menschen bilden.

Über die Verschiedenheit der Entwicklung der höheren Wirbeltiere wolle man die Lehrbücher der Entwicklungsgeschichte einsehen.

Wohl aber muß es zweckmäßig erscheinen, die Lage des aus einem Teil der Bindesubstanz hervorgegangenen Skeletsystems und dessen Verwendung im Bauplan des Körpers der höheren Wirbeltiere und des Menschen schon jetzt zu untersuchen, bevor noch das Skeletsystem im einzelnen betrachtet worden ist. Könnte man doch der Meinung sein, und ist man auch in der Tat häufig jetzt noch der Meinung, daß im Skelet sich die Architektur des Ganzen am reinsten aussprechen müsse. Aus welchem Grunde die Architektur des Skelets die des Körpers so rein widerspiegeln müsse, ja sogar allein enthalten müsse, das ist allerdings nicht von vornherein klar. Man denkt dabei im Geheimen an die

Festigkeit des Skelets, welches als Träger und Hebelapparat den übrigen Organsystemen zur Stütze dient. Allein es liegt sogleich auf der Hand, daß zwar gewisse Beziehungen zum Bauplan vorhanden sein müssen, im übrigen aber weitgehende Unterschiede vorliegen können, ohne daß das Skelet seiner Aufgabe untreu wird.

Die Lage des Skelets im Bauplan ist, auf einem Querschnitt des Rumpfes betrachtet, in Fig. 225 wiedergegeben. Die Ziffern 7, 8, 9 und 10 weisen auf das Skelet hin.

1 zeigt das epidermale Rohr; 2 das Neuralrohr mit dem Zentralkanal; 3 das Darmrohr mit seinem Epithel; 4 ein Somit (sekundäres Ursegment) mit der Somithöhle; 5 die Splanchnopleura (viscerales Blatt des Mesoderms); 6 die Somatopleura (parietales Blatt des Mesoderms); zwischen 5 und 6 die Leibeshöhle im engeren Sinne (Hypocölom); 7 zeigt auf den Wirbelkörper; von ihm umschlossen ist der Querschnitt der Chorda dorsalis sichtbar; 8 stellt die eine Hälfte des neuralen Wirbelbogens dar; 9 eine Rippe; 10 einen visceralen Knochen.

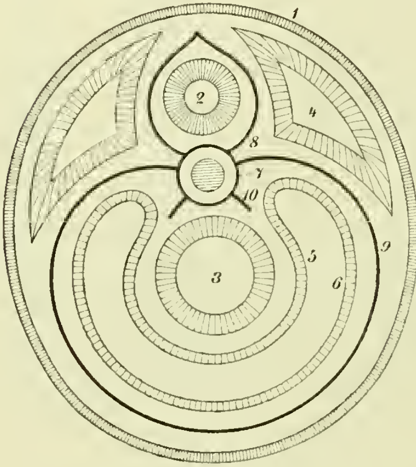


Fig 225.
Lage des Skelets im Bauplan.

Es gibt hiernach Skeletstücke, welche, anstatt wie die Rippe den Weg um die Somatopleura zu nehmen, ihre Lage zwischen dem Darm und der Splanchnopleura haben; z. B. das Zungenbein.

Das Skelet besteht folglich aus einem Zentralteil, welcher der Reihenfolge der Somiten entsprechend sich in hintereinander aufgereihte Stücke, Folgestücke, Metameren, gegliedert hat. Dies sind die Wirbelkörper oder die ihnen entsprechenden Teile des Schädels.

Ihnen sind dorsale Bögen angefügt, welche dieselbe Metameren-Gliederung zeigen und zwischen den Somiten (oder ihren Resten) und dem Neuralrohr liegen.

Zu ihnen gesellen sich die Rippen. Diese sind ventrale Spangen, welche einen sonderbaren Weg einschlagen. Sie greifen nämlich in ihrem Zuge von der Seite der Wirbelkörper nach der vorderen Längsmitte zwischen den Somiten und dem Hypocölom, dem bleibenden Teil der Leibeshöhle, durch. Dabei ist zu bedenken, daß die Somitenhöhle und die Substanz der Somiten ursprünglich im Zusammenhang waren mit dem Hypocölom und dessen Wand.

Nimmt man noch die eigentlichen Visceralknochen (Zungenbein mit den übrigen Skeletstücken der Visceralbögen) hinzu und vergleicht jetzt den Bauplan des Skelets mit dem des Gesamtkörpers, so ergibt sich, um wie vieles ersteres einfacher gestaltet ist, als letzterer. Von einer reinen Widerspiegelung kann also keine Rede sein.

Einen ähnlichen Verlauf, wie die dorsalen, ventralen und visceralen Bögen des Skelets, nehmen die segmentalen peripheren Gefäße und Nerven, sodaß auch deren Lage im Bauplan hiermit bekannt geworden ist.

Guldberg, G. A., Études sur la dyssymmetrie morphologique et fonctionelle chez l'homme et les vertébrés supérieurs, Christiania, 1897. — Reh, L., Asymmetrie und Symmetrie im Tierreiche. Biolog. Zentralbl. XIX, 1899.

II. Geschlechtliche Verschiedenheiten des Körpers.

Die Menschen sind nach dem Alter, dem Individuum, der Rasse und ihren Unterabteilungen, aber auch nach der Zeit (die vor Jahrtausenden am Leben gewesen, sind nicht als identisch mit den Menschen der Gegenwart zu betrachten) voneinander in bestimmter Weise verschieden; dies ist leicht einzusehen und zu begreifen. Ganz anders verhält es sich mit jener Verschiedenheit, welche als Geschlechtsverschiedenheit bezeichnet wird; das ist die merkwürdigste von allen. Sie wäre völlig unverständlich, wenn der Mensch eine ganz isolierte Stellung einnehmen und keinerlei wesenhafte Beziehungen zu der übrigen lebenden Welt der Erde besitzen würde. Aber im Pflanzen- und Tierreich sind auch in dieser Hinsicht die wichtigsten Anknüpfungspunkte vorhanden. Bis zu den Protisten hinab muß der Weg gehen, um Erfahrungen zu sammeln. An der Untersuchung der verschiedensten Vermehrungsarten muß sich der Blick geschärft haben, wenn er in der Frage des Geschlechts nicht im Dunkel verharren, sondern sehen lernen will.

Was ist der Mensch als solcher, ohne Geschlechtsmerkmale? Wie sieht nicht der Mann, nicht das Weib aus, sondern der Mensch? Wir kennen den Menschen für sich allein garnicht und nehmen wahr, daß er nicht in einer, sondern in zwei Formen auftritt, in einer weiblichen und in einer männlichen, gleich den meisten Tieren. Wenn wir dem Weibe die weiblichen, dem Manne die männlichen Merkmale hinwegnehmen, erscheint alsdann der reine Mensch? Wenn wir das Soma, den Personalteil des Individuums, von dem koordinierten Germinalteil desselben in frühester Entwicklungszeit befreien könnten, würde alsdann der reine Mensch zur Ausbildung gelangen? Es wäre das reine Soma ohne sekundäre Geschlechtscharaktere und würde einem Mittelwesen zwischen männlicher und weiblicher Körperform ähnlich sein. Das reine ungeschlechtliche Soma aber würde ebensowenig fruchtbar sein, wie das mit sekundärem Geschlechtsmerkmal versehene. Der Untergang der Art wäre mit ihm besiegelt. Wenn also Fortpflanzung vorhanden sein soll, so muß auch der die Fortpflanzung übernehmende Apparat in irgend einer Form vorhanden sein. Gesetzt der Fall, ein Individuum, nicht ein Paar solcher, genüge für das Werk der Fortpflanzung, so würde dieses Individuum gerade bei den Säugetieren vorwiegend weibliche Merkmale besitzen müssen. Die nichteinheitliche Form des Menschen ist die eine Seite der Frage. Die andere geht nach dem Sinn der ganzen Einrichtung.

Hierfür ist erforderlich, zuerst die geschlechtlichen Verschiedenheiten der menschlichen Form kennen zu lernen, wobei die Geschlechtswerkzeuge selbst natürlich in erster Linie stehen müssen. Die Keimdrüsen sowie die Geschlechtswerkzeuge treten anfänglich bei beiden Geschlechtern in übereinstimmender Form auf, um sodann verschiedene Wege einzuschlagen. Auf der Verschiedenheit der Geschlechtsorgane beruhen die primären Geschlechtsunterschiede. Von den sekundären Geschlechtsunterschieden (Fig. 226) aber ist das Folgende zu sagen.

Im allgemeinen ist der männliche Körper kräftiger entwickelt und größer, die Muskulatur und das Knochengerüst machen sich äußerlich stärker bemerklich. Das Weib dagegen ist gewöhnlich kleiner, schwächer gebaut, seine Formen sind mehr abgerundet, indem die Muskulatur und das Knochengerüst, an sich schwächer, durch stärker entwickelte Fettpolster mehr verhüllt werden.

Wie der ganze Körper, so ist auch der Kopf des Weibes in der Regel kleiner, als der des Mannes. Der Schädelraum ist geringer, die Stirn gewöhnlich niedriger und in rascher Biegung vom oberen Teil des Schädelgewölbes abfallend, in der Gesamtform dem kindlichen Kopf ähnlicher. Die männliche Stirn dagegen ist mächtiger entwickelt und stärker gewölbt.

Auch der Scheitel des männlichen Kopfes ist stärker gewölbt als beim Weibe. Der Gesichtsteil des weiblichen Körpers ist zierlicher, die Backenknochen stehen weniger vor, auch die Abrundung ist eine weichere. Am Kopf beschränkt sich die Behaarung auf die obere und hintere, sowie einen Teil der Seitenflächen des Kopfes, auf die Augenbrauen und Wimpern. Der Mann dagegen besitzt eine Behaarung, welche sich über einen großen Teil des Gesichts erstreckt; doch steht sein Kopfhaar an Länge dem weiblichen nach.

Am Hals des Weibes verschwindet die Hervorragung des kleineren, kindlicher gebliebenen Kehlkopfes in der allgemeinen Abrundung, welche dem Manne fehlt, indem bei ihm die Muskelstränge und der obere Teil des Kehlkopfes stark hervortreten. Seitlich geht der Hals des Weibes in sanftem Bogen in die Wölbung der Schulter über, während der männliche Hals schärfer gegen die Schulter abbiegt.

Die Schulter des Weibes ist schmal, diejenige des Mannes breit. Der Brustkorb des Weibes ist enger, da die Lungen schwächer ausgebildet und kleiner sind. Er erweitert sich abwärts stärker beim Manne und setzt sich schärfer vom Bauche ab, während beim Weibe die Grenze durch eine allgemeine Wölbung verdeckt ist. Auf der vorderen Brustwand treten beim Manne die Wülste der großen Brustmuskeln kräftig hervor, während beim Weibe diese Muskeln schwächer sind und durch die halbkugeligen Erhabenheiten der beiden Brüste verdeckt werden. Durch letztere wird die Medianfurche der Brustwand zum Busen, Sinus mammarum, vertieft. Beim Manne sind die Brust- oder Milchdrüsen rudimentäre und regressive Gebilde geworden. Seine ebenfalls rudimentäre Brustwarze steht etwas höher an der Brustwand als beim Weibe. Die geraden Muskeln des Bauches bildem beim Weibe in der Regel keine äußerlich sichtbaren Hervorragungen; die Mittelfurche des Bauches verstreicht. Dagegen erhebt sich die ganze vordere Bauchwand stärker und rundet sich namentlich unten gegen den stärker entwickelten Schamberg. Oft grenzt eine nach oben konkave Furche den Schamberg von der Bauchwölbung ab. Der Nabel steht beim Weibe höher als beim Manne, bei welchem er die Höhe der Hüftbeinkämme erreicht. Das Becken ist beim Weibe breiter und niedriger, beim Manne schmaler und höher. Bei ihm ist die Leistenfurche stärker ausgeprägt. Infolge der Breite der Schultern und der Schmalheit der Hüften läuft der Rumpf des Mannes bei geschlossenen Beinen unten keilförmig zu, während die Schmalheit der Schultern und Breite der Hüften eine mehr zylindrische Form des weiblichen Rumpfes bedingen oder selbst die Schneide des Keiles nach oben verlegen. Arme und Beine zeigen beim Manne scharfe Muskelzüge und eckige Formen; alle entsprechenden Teile des Weibes sind abgerundeter. Dies gilt insbesondere auch für das Knie.

Auch die Haltung des Weibes ist in der Regel von der des Mannes abweichend. Die Haltung des ersteren ist mehr vorgebeugt, während der Stamm des Mannes mehr gerade, selbst leicht zurückgebeugt getragen wird. Die Beinstellung des Weibes ist infolge dieser Haltung eine steilere. Bei aufrechter Haltung des Mannes sind dagegen die Beinaxen so gestellt, daß sie mit ihrem oberen Ende

mehr nach vorn abweichen. Der Hals des Schenkelbeines ist an den Schaft mehr rechtwinklig, beim Manne spitzwinklig angefügt. Die großen Rollhügel aber wenden sich bei letzterem stärker nach hinten.

Was nun die Erklärung der sekundären Geschlechtsmerkmale betrifft, so liefert die vergleichende Anatomie den überzeugenden Nachweis, daß dieselben als Nützlichkeitseinrichtungen aufgefaßt werden müssen, bei welchen auch die Arbeitsteilung wieder eine große Rolle spielt. Grundsätze der Nützlichkeit bedingen die Verschiedenheit der weiblichen und männlichen Beschaffenheit des Soma, d. i. des Individuums, welchem die primären Geschlechtsmerkmale, die Keimdrüsen genommen sind. Sekundäre Geschlechtscharaktere sind nicht überall vorhanden. Das Männchen kann in bezug auf das Soma dem Weibchen gleich sein. In anderen Fällen sind mehr oder weniger auffallende Verschiedenheiten zwischen dem männlichen und weiblichen Soma vorhanden. So kann das Männchen mit besonderen Werkzeugen zum Festhalten des Weibchens ausgestattet sein (Wasserkäfer), oder es sind Schmuckorgane, Waffen, besondere Größe bei dem Männchen vorhanden. Aber auch das Weibchen kann größer sein (Raubvögel, Gliederwürmer [Bonellia], Rundwürmer, viele Schmarotzerkrebse usw.). Auf der anderen Seite können die Weibchen mit Werkzeugen versehen sein, welche für die Aufzucht der Jungen von Bedeutung sind (Milchdrüsen), aber auch die Männchen können mit derartigen Werkzeugen ausgerüstet sein (Seenadeln). Kurz wir sehen, die sekundären Geschlechtsmerkmale der Individuen sind Nützlichkeitseinrichtungen.



Fig. 226.

Beispiel eines wohlgebildeten weiblichen Körpers.
(Aus Stratz, Körperpflege der Frau).

Wie aber verhält es sich mit den Verschiedenheiten der primären Geschlechtsmerkmale, der Keimdrüsen?

Sowohl die Eier, als die Samenfäden (Spermien, früher Spermatozoen genannt) haben den Wert von Zellen, wenn auch nicht von identischen Zellen. So sind z. B. die Spermien von Thysanopus, einem Krebse, ovoide Zellen ohne weitere Merkmale. Bei gewissen Rundwürmern ist es der Fall, daß ihre Samen-

körperchen sogar Pseudopodien aussenden können, um sich amöbenartig fortzubewegen.

In der Regel aber ist die Spermie mit einer mehr oder weniger langen Geißel welche zur Fortbewegung dient, ausgestattet. Beide Arten von Geschlechtszellen gehen aus gleicher epithelialer Anlage hervor. So schwinden auch die primären Geschlechtsverschiedenheiten auf ein sehr geringes Maß zusammen, und wir nehmen wahr, daß Ei und Spermie nur deshalb so verschiedenes Aussehen gewonnen haben, weil eine Arbeitsteilung nach verschiedenen Richtungen eingetreten ist. Das Ei oder die weibliche Zelle sammelt Protoplasma und Ernährungsmaterial, soviel, wie einer Zelle sonst garnicht zukommt; so wird sie groß und weniger beweglich. Die männliche Zelle braucht nun kein solches Material mehr zu sammeln; ihre einzelnen Bestandteile werden auf ein möglichst geringes Volumen gebracht, gewissermaßen kondensiert; sie bleibt klein und richtet sich auf Beweglichkeit ein; sie wird zu einer mit kleinem Leibe ausgestatteten Geißelzelle. Wenn aber auch die weibliche und männliche Zelle einander zum Verwechseln ähnlich sehen können (wie zurzeit der ersten Anlage), so werden wir sie doch in keinem Falle als identische, sondern nur als nahestehende Wesen betrachten dürfen.

Worauf es hiernach bei der Frage der Fortpflanzung wesentlich ankommt, ist nicht in den sekundären Geschlechtsverschiedenheiten enthalten, nicht in den großen Verschiedenheiten zwischen Ei und Spermie, sondern in der Vereinigung zweier nicht identischer Zellen, welche in der Konjugation der Unizellulaten ihr Vorbild findet.

Warum aber ist diese Konjugation, wenn auch oft nur periodisch, erforderlich? Warum ist nicht die ungeschlechtliche Fortpflanzung genügend? Eine allseitig befriedigende Antwort läßt sich noch nicht geben; es sind verschiedene Antworten gegeben worden.

Die Vorteile der Sexualität gegenüber der ungeschlechtlichen Fortpflanzung bestehen, soweit sich bis jetzt die Dinge überblicken lassen, im wesentlichen darin, daß erstens durch die Vereinigung zweier nahe verwandter, jedoch nicht identischer Zellen zum Sperm-Oon dem neuen Wesen eine größere Kraftsumme zur Verfügung gestellt wird, zweitens die Artbildung eine Förderung erfährt. Das Leben des Individuums und das Leben der Art wird hiernach günstig durch die geschlechtliche Zeugung beeinflußt. Mit der allmählich höheren Entwicklung der Arten ist die ungeschlechtliche Fortpflanzung von der geschlechtlichen im Leben der Tiere und der Pflanzen in den Hintergrund gedrängt worden.

Welches ist das Zahlenverhältnis der Geschlechter? Was die gegenwärtig lebenden Menschen betrifft, so ist eine Kenntnis des „Geschlechterverhältnisses" bei manchen Völkern erreicht, während bei vielen anderen brauchbare Zählungen noch fehlen. In Mitteleuropa werden auf 100 Mädchen im allgemeinen 105 bis 106 Knaben geboren. Es sterben aber schon intrauterin und ebenso extrauterin mehr Knaben als Mädchen. Etwa vom 15. Lebensjahre an bis in den Anfang der zwanziger Jahre sind die Geschlechter in gleicher Zahl vorhanden; dann beginnt das weibliche Geschlecht an Zahl zu überwiegen. Übergroßes Absterben des Mannes, aber auch überwiegend männliche Auswanderung sind als die Hauptursachen dieser Verschiebung in das Gegenteil zu betrachten.

Davenport, C. B. and C. Bulland, A Contribution of the Quantitative Studie of Correlated Variation and the Comparative Variability of the Sexes. Proc. of the Amer. Acad. of Arts and Sc. 1900. — Loeb, J, Experiments on artificial parthenogenesis in Annelids (Chaetopterus) and the nature

of the prozess of fertilization (Amer. journal of Physiol. IV, S. 423). — Künstliche Parthenogenese erzielte J. Loeb durch Erhöhung des osmotischen Druckes des die Eier umgebenden Wassers: bei Coelenteraten, Würmern, vielleicht auch bei Knochenfischen. Geringer Salzsäurezusatz zum Seewasser oder Behandlung mit einfacher wässriger Kaliumchloridlösung ließ die Chaetopteruseier zur Entwicklung kommen. Die mit Kaliumchlorid befruchteten Eier neigten zur Bildung von Riesenembryonen. Das Spermium und die sonstigen befruchtenden Stoffe sind nach Loeb katalytische Faktoren, da sie nur zur Beschleunigung eines qualitativ schon vorhandenen Vorganges dienen. — Klebs, G., Über das Verhältnis des männlichen und weiblichen Geschlechtes in der Natur. Jena 1894; und: Über einige Probleme der geschlechtlichen Fortpflanzung. Jena 1895. – Nathanson, A., Über Parthenogenesis bei Marsilia und ihre Abhängigkeit von der Temperatur. Berlin 1900. — Pfitzner, W., Beitrag zur Kenntnis der sekundären Geschlechtsunterschiede des Menschen. Morphol. Arb. von G. Schwalbe. Bd. VII, 1896. — Derselbe, Der Einfluß des Geschlechtes auf die anthropologischen Charaktere. Zeitschr. f. Morphologie u. Anthropologie. III, 1901. — Rauber, A. Der Überschuß an Knabengeburten und seine biologische Bedeutung. Leipzig, 1900. — Derselbe, Weibliche Auswanderung und ihr Verhältnis zu einer biologisch begründeten Bevölkerungspolitik. Leipzig 1901. — Raseri, E., Sur le nombre des consanguins dans une groupe de population. Arch. italiennes de Biol. XXXIII, 1900. — Straßburger, Eduard, Versuche mit diözischen Pflanzen in Rücksicht auf Geschlechtsverteilung. Biolog. Zentralbl. XX, 1900. Wichtig. — Waldeyer, W., Über die somatischen Unterschiede der beiden Geschlechter; Korrespondenzblatt der deutschen Gesellschaft f. Anthropologie, 1895, Nr. 9.

III. Abteilungen des Körpers und Oberflächenform.

Der Körper besteht aus dem Stamm nebst einem Paar von oberen und unteren Gliedmaßen oder Extremitäten.

Das morphologische Verhältnis der Extremitäten zum Stamm ist darin ausgesprochen, daß sie symmetrische Auswüchse der ventralen Leibeswand darstellen; so erscheinen sie als Teile des Stammes. In funktioneller Hinsicht sind die Extremitäten bevorzugte Organe der Empfindung und Bewegung. Dem Stamm, welcher letztere Fähigkeiten teilt, fallen die übrigen Aufgaben des Organismus zu.

Am Stamm, dessen stereometrische Grundform als abgeplattete Walze, aber auch als gleichschenklige Pyramide aufgefaßt werden kann, unterscheidet man drei Hauptabteilungen: den Kopf, Caput, den Hals, Collum, und den Rumpf, Truncus.

Am Rumpfe sind drei Abteilungen zu erkennen: die Brust, Thorax, der Bauch, Abdomen, und das Becken, Pelvis.

Betrachtet man den Rumpf eines Körpers, so ist an seiner Vorderfläche die Trennung zwischen Hals und Brust durch die Lage der Schlüsselbeine einigermaßen gekennzeichnet. Der äußere Teil der Schlüsselbeine verbindet sich mit dem zugehörigen Schulterblatt zum Schultergürtel, welcher den freien Teil der oberen Extremität aufnimmt. Dadurch kommt die an den Seiten der oberen Brustgegend vorhandene Schulterhöhe und die starke Breitenausdehnung dieser Gegend zustande. Dicht unter den Schlüsselbeinen liegt jederseits eine Einsenkung, die Unterschlüsselbeingrube, Fossa infraclavicularis. Als eine auffallende Besonderheit der vorderen Brustgegend treten bei Weibern die „Brüste“, Mammae, mit der Brustwarze, Papilla mammae, bei Männern die rudimentäre männliche Brustwarze mit dem sie umgebenden, ebenfalls bräunlich gefärbten Warzenhofe, Areola mammae, hervor.

Wo in der Mittelgegend der vorderen Rumpffläche die Brust in den Bauch übergeht, liegt eine vertiefte Stelle, Magengrube oder Herzgrube, Scrobiculus cordis. Zu beiden Seiten setzt sich der untere Rand der Brustwand von der weicheren Bauchwand durch den auch äußerlich sichtbaren unteren Rippenbogen ab, welcher nach unten, außen und hinten zieht. Von der Magengrube setzt sich eine Mittelfurche nach oben gegen den Anfang des Halses, nach unten gegen den Schamberg, Mons pubis, fort. Im unteren Drittel der mittleren Bauchfurche liegt der Nabel, Umbilicus, welchem der indische Fakir nicht mit Unrecht seine besondere Aufmerksamkeit zuwendet. Der Nabel ist eine vorgewölbte oder eingezogene oder zugleich vorgewölbte und eingezogene, eigentümlich gestaltete wichtige Stelle, von welcher in fetaler Zeit ein dem Fetus angehöriger Strang,

Nabelstrang, zum Frucht- oder Mutterkuchen sich erstreckte, um durch letzteren die Verbindung mit der Mutter zu bewerkstelligen. Der Nabelstrang wird von dem Neugeborenen einige Tage nach der Geburt abgestoßen; die Wundfläche vernarbt, und es entsteht der Nabel. Lateral von der Nabelgegend liegt die Seitenfläche des Bauches, Latus, welche nach dem Rücken zu in die Hinterseite des Bauches, Lumbus, übergeht. Seitlich ist der Übergang von der Bauch- in die Beckengegend durch das Hervortreten der Hüften, Coxae, begrenzt. Gegen die Vorderfläche des Oberschenkels setzt sich das Abdomen ab durch eine Furche, Leistenfurche, welche von dem vorderen Hüftwulst, zur Seite des Schamberges herabzieht. Oberhalb dieser Furche liegt die Regio inguinalis, Inguen, unterhalb befindet sich die Regio subinguinalis.

Wird der Rumpf von der Seite her bei erhobenem Arm betrachtet, so fällt im oberen Seitengebiet eine Grube auf, die Achselgrube, Fossa axillaris, welche vorn und hinten von hautbedeckten Muskelwülsten umsäumt wird, vorn von der vorderen Achselfalte, Plica axillaris anterior, welche gebildet wird von der M. pectoralis major, hinten von der hinteren Achselfalte, Plica axillaris posterior, gebildet von M. latissimus dorsi und dem M. teres major. Die Achselgrube wird lateral von der freien Extremität, medial von der Seitenwand der Brust begrenzt.

Bei der Rückenansicht des Rumpfes, Dorsum, tritt die Grenze der Brust gegen den Bauch nicht oder nur unbestimmt zu Tage. Dagegen scheidet sich der Hals vom Rumpf deutlich durch die Schulterwölbung. Beide symmetrische Hälften des Rückengebiets des Rumpfes werden längs der Mittellinie von einander getrennt durch eine von oben nach unten an Tiefe zunehmende Furche, die Rückenfurche In der Hüftgegend angelangt läuft sie zunächst in ein breites vertieftes Feld, Regio sacralis, aus, verschmälert sich aber wieder zwischen den Hervorragungen des Gesäßes und gewinnt zugleich an Tiefe. So gestaltet sie sich zur Gesäß- oder Afterspalte. Von interessanten Eigentümlichkeiten der Hautdecke in dieser Gegend des Kreuzes wird erst bei der Untersuchung der Haut die Rede sein können. Hier aber ist hinzuzufügen, daß in der Tiefe der genannten Spalte, wie der Name sagt, die untere Mündung des Darmes, der After, Anus, in der Afterspalte, Crena ani, gelegen ist.

Die Kreuzraute, Regio sacralis, wird begrenzt durch folgende Knochenpunkte: Processus spinosus des fünften Lendenwirbels; Ende des Kreuzbeines (Zusammenstoß der Hinterbacken); links und rechts ein Grübchen, welches der Spina iliaca posterior superior entspricht. Ein zweites Grübchen findet sich beim Manne nicht selten oberhalb des erstgenannten, in der Höhe des Darmbeinkammes, der Crista iliaca.

Verfolgt man bei auseinandergehaltenen Oberschenkeln das untere Ende oder den Beckenteil des Stammes zwischen den Oberschenkeln hindurch nach vorn bis zum Schamberge, so liegt zwischen dem Anus und den äußeren Geschlechtsteilen ein schmales Feld, der eigentliche Damm, Perineum, Vor dem Damme liegen die äußeren Geschlechtsorgane. Häufig wird auch das ganze Feld, welches den Anus und die äußeren Geschlechtsorgane trägt, Damm genannt.

Der Hals, das Verbindungsglied zwischen Kopf und Rumpf, hat eine Form, welche sich in seinem Mittelstück derjenigen eines Zylinders sehr nähert; oben verbreitert er sich besonders in dorsoventraler Richtung zur Aufnahme des Kopfes; unten ist die Zunahme noch beträchtlicher, doch ist sie hier stärker in der Querrichtung ausgesprochen. An der Vorderseite erscheint der Hals kürzer, weil der Gesichtsteil des Kopfes sich vor sein oberes Stück lagert. Hier biegt der Hals bei gewöhnlicher Haltung des Kopfes etwa rechtwinklig gegen den Boden der Mundhöhle zum Kinn ab.

Man pflegt am Halse einen Vorderhals, Collum, in engerem Sinne, von einem Hinterhalse oder Nacken, Cervix oder Nucha, zu unterscheiden, nennt ersteren auch den Eingeweideteil, letzteren den Wirbel- und Muskelteil des Halses. Im oberen Abschnitt des Vorderhalses tritt der Kehlkopfvorsprung, Adamsapfel, Prominentia laryngea, zutage. An der unteren Grenze und im Gebiet der Medianebene des Vorderhalses liegt die unten vom Brustbeinrande begrenzte Kehl- oder Drosselgrube, Fossa jugularis. Oberhalb der Schlüsselbeine macht sich die Oberschlüsselbeingrube, Fossa supraclavicularis major, bemerklich. Der Hinterhals grenzt sich gegen das Hinterhaupt durch die Nackengrube, Fovea nuchae, ab.

Der Kopf. Der Hals wird durch den Kopf gekrönt, welcher frei beweglich auf ihm ruht. Die zahlreichen auffallenden Eigentümlichkeiten des Kopfes werden bestimmt durch folgende drei Umstände:

1. durch die mächtige Entfaltung des Gehirns;
2. durch die Gegenwart besonderer Sinnesorgane (Auge, Oculus, und Ohr, Auris);
3. durch die Anfügung der Anfangsteile und Eingänge des Atmungs- und Verdauungsapparates (Nase, Nasus, und Mund, Os).

Je mehr diese drei Umstände bei Tieren sich ausprägen, umsomehr unterscheidet sich der Kopf von dem Rumpf. Je mehr sie an Maß verlieren und zurücktreten, um so ähnlicher wird der Kopf dem Rumpf, wie z. B. bei dem Amphioxus lanceolatus.

Der Kopf besteht aus zwei auch äußerlich ziemlich scharf voneinander trennbaren Abteilungen dem Hirnteil, Cranium, und dem Gesichtsteil, Facies.

An der Bildung des Gesichtes oder Antlitzes nimmt dem Sprachgebrauch entsprechend auch die Stirn, Frons, teil, die Anatomie jedoch rechnet die Stirn zum Hirnteil des Kopfes und läßt den Gesichtsteil des Kopfes mit der Nasenwurzel und unterhalb der Augenbrauen beginnen.

Bei Vorderansicht des Hirnteils des Kopfes macht sich die Stirn bemerklich als vorderer Abschluß des Kopfgewölbes, zunächst des Vorderhauptes, Sinciput. Sie grenzt unten an die Nasenwurzel und die Augen und scheidet sich von diesen durch den Augenbrauenbogen, Supercilium. Im seitlichen oberen Gebiet der Stirn treten zwei Wölbungen hervor, die Stirnhöcker, Tubera frontalia. Durch den Schläfenwulst grenzt sich die Stirn von den Schläfen, Tempora, ab. Oben und seitlich setzt sie sich fort in das reichlich behaarte Gebiet des Hirnteiles des Kopfes und geht in den Scheitel, Vertex, oder das Mittelgebiet des Kopfgewölbes, das Mittelhaupt, über. An diesem sind die Scheitelhöcker, Tubera parietalia, und die Schläfenwülste als Besonderheiten hervorzuheben. Abwärts von letzteren liegen die Schläfen und erstrecken sich bis zum Jochbogen, einem etwa horizontal laufenden Wulst, welcher die seitlichen Grenzen gegen das Antlitz bestimmt. Auf den Scheitel oder das Mittelhaupt folgt das Hinterhaupt, Occiput, welches das Kopfgewölbe hinten und unten abschließt. Am Hinterhaupt macht sich oberhalb des Beginnes des Nackens ein querliegender Vorsprung kenntlich, der Hinterhaupthöcker. Seitlich, hinter der Ohrmuschel, Auricula, liegt der Warzenwulst, welcher seinen Namen dem Warzenteil des Schläfenbeines verdankt. Zwischen dem Warzenwulst, der Ohrmuschel und dem hinteren Unterkieferwulst liegt eine Grube, die Unterohrgrube, Fossa retromandibularis, welche sich auf die Seitenfläche des Halses fortsetzt.

Wenden wir uns wieder nach vorn, so folgen unterhalb der Augenbrauen die Augenlider, Palpebra superior und inferior, zwischen welchen bei geöffneter Lidspalte, Rima palpebrarum, ein Teil des Augapfels, Bulbus oculi, sichtbar ist. Nach unten wird die Augengegend durch eine tiefe Furche, Sulcus infrapalpebralis, gegen die Wange abgegrenzt. Zwischen den Augen erhebt sich als pyramidaler Vorsprung die äußere Nase, Nasus, welche als Vorbau des Geruchsorgans und als Eingang des Atmungsapparates zu betrachten ist. Der Nasenrücken, Dorsum nasi, endet nach unten in der Nasenspitze, Apex nasi, von welcher die Nasenflügel, Alae nasi, ausgehen. Zwei Öffnungen, die äußeren Nasenlöcher, Nares, führen in den Vorhof der Nasenhöhle. Die äußere Nase sitzt mit breiter Basis im mittleren Teil des Antlitzes und grenzt unten an die Oberlippe, Labium superius, zwischen deren beiden Hälften eine flache Furche, Unternasenrinne, Philtrum, gelegen ist. Die Oberlippe vereinigt sich an den Mundwinkeln mit der Unterlippe, Labium inferius, welche sich durch die Kinnlippenfurche, Sulcus mentolabialis, vom Kinn, Mentum, scheidet. Durch die Mundöffnung, Rima oris, gelangt man in die Mundhöhle, Cavum oris, in welcher die Zunge, Lingua, sich befindet. Die hintere Grenze der Mundhöhle gegen die Rachenhöhle wird gebildet von den Fauces. Bei gut genährten Personen tritt die Unterkinngegend nicht selten als besonderer Wulst zu Tage, welcher zusammen mit dem Kinn das Doppelkinn hervorbringt. Durch eine besondere Furche Nasenlippenfurche, Sulcus nasolabialis, ist die Oberlippe von den Backen, Buccae (Malae), abgegrenzt, welche sich nach unten und hinten zum Unterkiefer erstrecken. Das obere Gebiet der Backe, welches in der Gegend des Joch- oder Wangenbogens gelegen ist, wird Wange, Gena, genannt.

Extremitäten. Während an den meisten Gebieten des Stammes die äußeren Formen noch deutlich die knöcherne Unterlage erkennen lassen, ist letztere an großen Abschnitten der Gliedmaßen durch Weichteile stärker verdeckt.

Die obere Extremität, Extremitas superior, beginnt mit der Schulter. Die Schulter, Axilla, bildet jene rundliche Wölbung, welche als Schultergewölbe schon bei der Betrachtung der seitlichen oberen Brustgegend Beachtung gefunden hat. Starke Muskellager umhüllen hier fast ganz die zusammentretenden Knochenteile, nur an der Schulterecke oder Schulterhöhe, Acromion, liegt ein Teil des Schulterblattes dicht unter der Haut. Der untere Rand des Deltamuskels und des großen Brustmuskels bedingen an der Vorderfläche des Oberarms, Brachium, eine Einsenkung, welche in der Höhe des vorderen Randes der Achselhöhle gelegen ist. Die Vorderfläche des Oberarms, Facies anterior, zeigt eine längsverlaufende, durch Muskulatur bedingte Erhabenheit, den

Bicepswulst, an dessen Seiten flache Furchen, Sulcus bicipitalis medialis und lateralis, auf den entsprechenden Flächen, Facies medialis und lateralis des Oberarms abwärts ziehen· Der Bicepswulst verflacht sich abwärts und läuft in eine am Übergang in den Unterarm befindliche längliche, unten etwas zugespitzte Grube aus, die Ellenbogengrube, Fossa cubitalis. Die

Fig. 227.

Regiones corporis humani. Vordere Körperfläche.

hintere Fläche, Facies posterior, des Oberarms ist mehr gleichförmig gerundet und endigt mit dem schon dem Unterarm angehörenden Ellenbogen, Cubitus. Am Übergang des Oberarms in den Unterarm (Vorderarm, Antibrachium) erfährt die Extremität eine zum teil durch Knochen zum großen Teil durch Muskeln bewirkte Verbreiterung, welche sich gegen die Hand hin allmählich' verjüngt. Man unterscheidet deshalb eine Facies dorsalis und volaris, sowie einen Margo radialis und ulnaris. Immer aber steht der Unterarm in einem formalen Gegensatz zum Oberarm, insofern an ersterem die Breite, an letzterem die Dicke überwiegt; schon die knöcherne Unter-

lage begünstigt diesen Unterschied. Die Grenze gegen die Hand, Manus, wird auf der Volarfläche durch eine Furche, auf der Dorsalfläche durch zwei dem Unterarmknochen angehörige Vorsprünge bezeichnet, von welchen derjenige der Kleinfingerseite umschriebener, deshalb auffallender ist.

Der proximale Teil der Hand, die Handwurzel, Carpus, ist schmal. Distalwärts von der

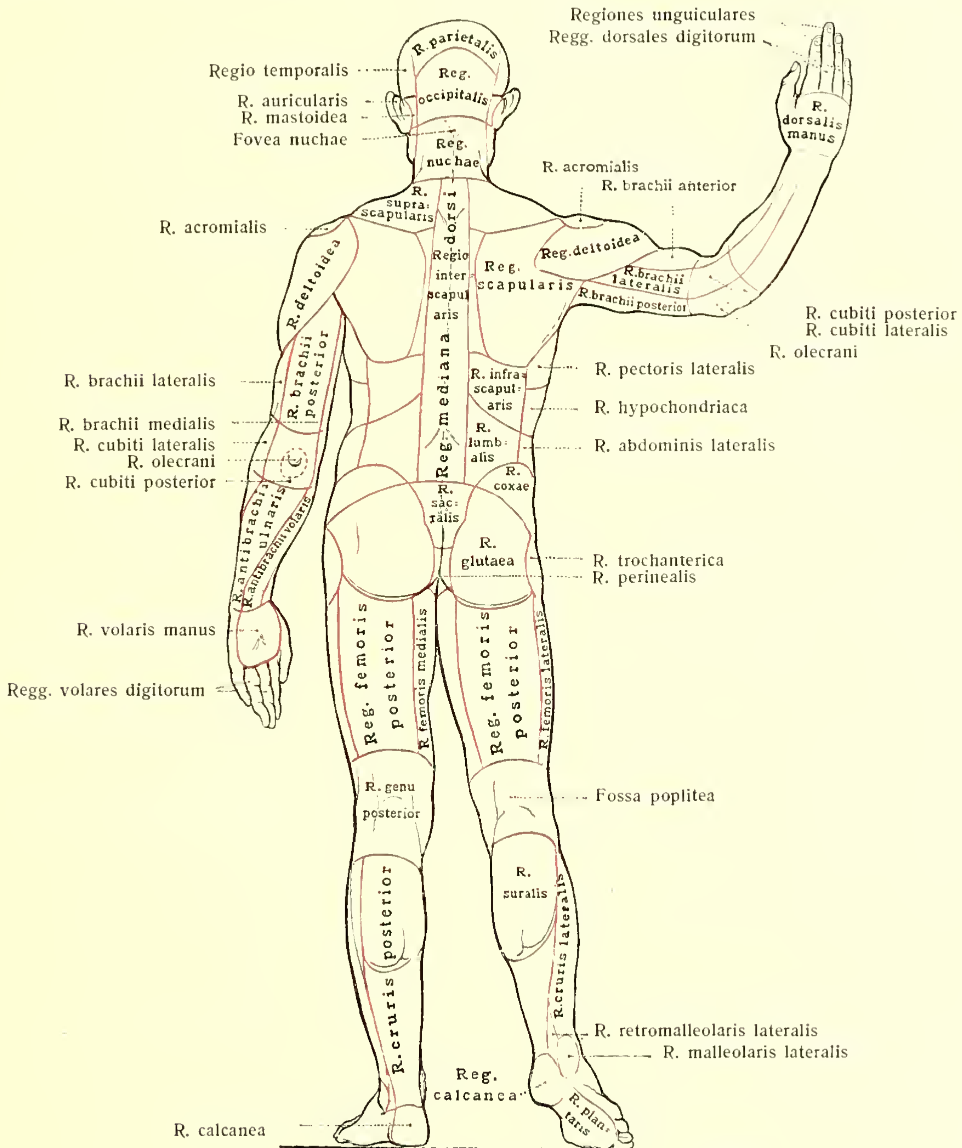


Fig. 228.

Regiones corporis humani. Hintere Körperfläche.

Handwurzel verbreitert sich die Hand rasch, besonders auf der Daumenseite, und wird dabei zur Mittelhand, Metacarpus, welche sich bis zur Wurzel der Finger erstreckt. Der Handrücken, Dorsum manus, ist gleichmäßig von einer Seite zur anderen leicht gewölbt. An der Grenze gegen die Finger zeigt der Rücken der Mittelhand bei gebeugten Fingern starke Vorsprünge, welche gewöhnlich Fingerknöchel genannt werden. Mehr oder weniger deutliche sehnige Stränge und venöse Blutgefäße sind unter der Rückenhaut der Mittelhand sichtbar. Die Hohlhand oder Handteller, Vola manus oder Palma, beginnt proximal mit zwei seitlichen Hervorragungen, dem

Daumenballen, Thenar, und dem Kleinfingerballen, Hypothenar. Die Hohlhand wird von mehreren Furchen durchzogen, welche in wechselnder Weise ausgebildet sind und in der Chiromantie eine bedeutende Rolle spielen. Eine dieser Furchen umkreist den Daumenballen. Von ihrem Anfangsteil zweigt sich häufig eine Längsfurche ab, welche gegen die Basis des Mittelfingers zieht. Hinzu gesellen sich zwei mehr in der Querrichtung verlaufende Furchen, von welchen die vordere ihre Konkavität fingerwärts richtet und auf der Kleinfingerseite stärker ausgeprägt ist, während die hintere ihre Konkavität gegen die Handwurzel richtet und auf der Daumenseite mehr entwickelt ist. Sie fließt hier häufig zusammen mit dem Ende der den Daumenballen umkreisenden Furche. Es können auch noch andere Furchen von mehr untergeordneter Bedeutung vorkommen. Die Abgrenzung der Finger ist an beiden Handflächen verschieden. Auf der Rückenfläche dringen die interdigitalen Furchen bis in die Nähe der Mittelhand vor. In der Hohlhand dagegen werden die oberen Enden der Finger von einer gemeinsamen mächtigen Hautplatte bedeckt, welche aus dem Gebiet der Mittelhand gegen die Finger vordringt.

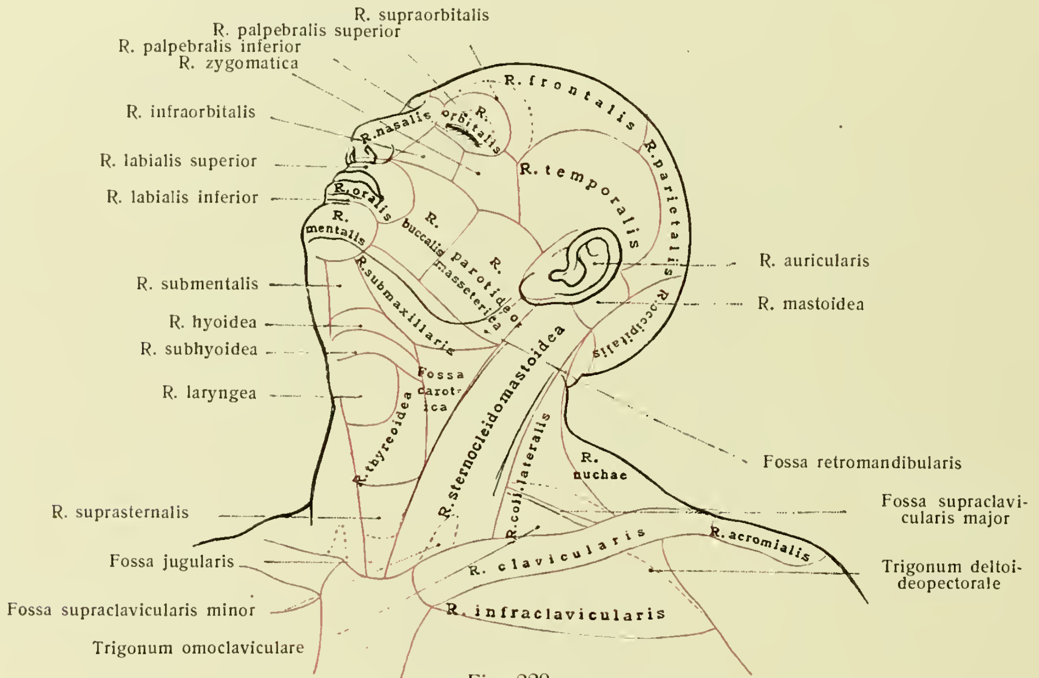


Fig. 229.

Regiones corporis humani. Hals und Kopf.

Die fünf Finger, Digiti manus, sind verschieden lange und mächtige zylindrische Gebilde. Vier von ihnen setzen die Längsrichtung des Armes fort. Einer, der Daumen, Pollex (Digitus I), weicht in seiner Richtung beträchtlich nach der radialen Seite ab. Er hat überhaupt unter allen Fingern eine Ausnahmestellung, indem er nur zwei Glieder besitzt, während alle übrigen Finger deren drei besitzen. Doch ist er am kräftigsten gebaut, ist in seinem Mittelhandteil sehr beweglich und stellt so eine Art von Gegenhand dar, die *Αντίχειρ* der alten Griechen. Die Beugefläche des Daumens steht bei ruhiger Fingerlage senkrecht zu der Beugefläche der übrigen Finger, kann ihr aber parallel und gegenübergestellt werden. Die anderen Finger sind der Zeigefinger, Index (Digitus II), Mittelfinger, Digitus medius (Digitus III), Ringfinger, Digitus anularis (Digitus IV), kleine Finger, Digitus minimus (Digitus V). Jeder von ihnen hat eine Facies dorsalis und eine Facies volaris.

Die Fingerglieder sind auf der Beugefläche stärker abgerundet als auf der Streckfläche. Die Basalglieder sind stets am längsten, die Nagelglieder die kürzesten. Die Gegenwart einer Hornplatte verschärft den Gegensatz zwischen Streck- und Beugefläche der Nagelglieder; die Beugefläche tritt zu dem Tastsinne, welcher ohnedies hier den Höhepunkt seiner Ausbildung erfährt, in Beziehungen. Von allen Fingern ist der Mittelfinger der längste; ihm folgt der Ringfinger, selten der Zeigefinger;

darauf der Zeigefinger und der kleine Finger. Die Spitze des Daumens erreicht die Mitte des Grundgliedes des Zeigefingers. Die Trennung der einzelnen Fingerglieder wird auf der Streckfläche durch bogenförmige und quere Furchen, auf der Beugefläche nur durch quere Furchen bezeichnet. Die Fingerränder werden als Margines radiales bezw. ulnares bezeichnet.

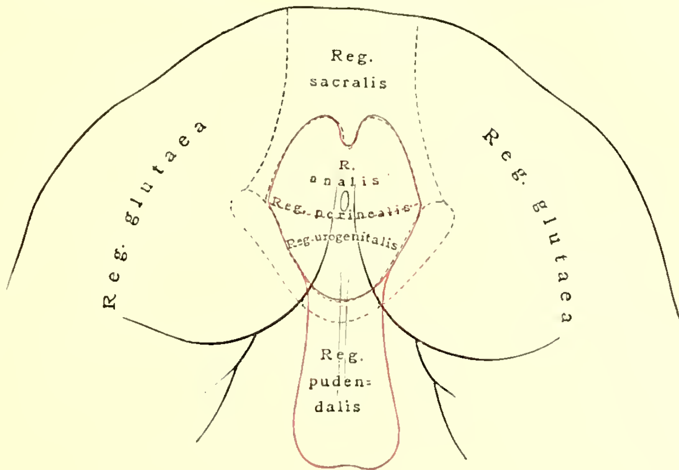


Fig. 230.

Regiones corporis humani. Männliche Mittelfleisch- oder Dammgegend.

Untere Extremität. Die untere Extremität, Extremitas inferior, das Bein, ist in ihrer oberen Abteilung ebenfalls mit dem Stamm verbunden, doch noch viel inniger als der Arm. Die Verbindung hat an Festigkeit gewonnen, an Beweglichkeit verloren, entsprechend der verschiedenen Aufgabe der unteren Extremität. Die der Schulter entsprechende Abteilung, die Hüfte, Coxa, ist

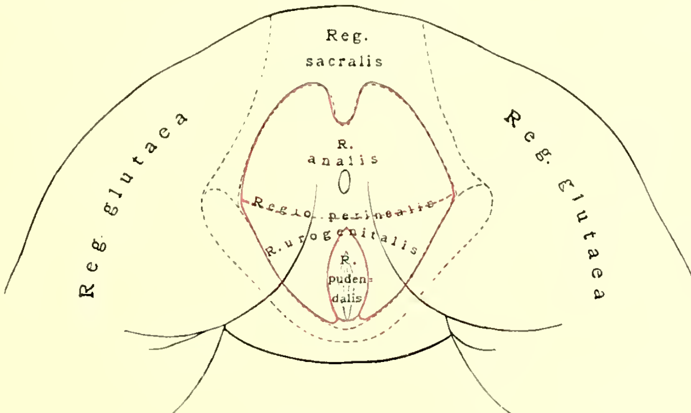


Fig. 231.

Regiones corporis humani. Weibliche Mittelfleisch- oder Dammgegend.

funktionell zu einem Bestandteil des Stammes geworden. Sie grenzt sich seitlich durch eine aufwärts konvexe Linie vom Bauch ab und geht abwärts in eine flache runde Erhabenheit über, welche in einer stärkeren Hervorhebung, dem Rollhügelwulst, ihren Abschluß findet. Hinten gehen die beiden Hüften in halbkugelige Hervorragungen über, das Gesäß (die Hinterbacken), Nates (Clunes). Eine tiefe Spalte, die schon erwähnte Gesäß- oder Afterspalte, in welcher die Ausmündung des Darms gelegen ist, trennt beide. Eine leicht gebogene, meist tiefe, quere Furche, die untere Gesäßfurche, Sulcus glutaeus, trennt das Gesäß von der hinteren Fläche des Oberschenkels.

Der Oberschenkel, Femur, zeigt äußerlich an den verschiedenen Seiten, Facies anterior, posterior, medialis, lateralis, verschieden hohe Grenzen. Vorn reicht er bis zum Inguen, außen bis zum Rollhügelwulst, hinten an die untere Gesäßfurche; in Wirklichkeit aber verbirgt sich der obere Teil des Oberschenkels unter dem Gesäß. Gegen das Knie hin verjüngt sich die Pyramide des Oberschenkels allmählich und wird zugleich runder. Sein unteres Ende aber nimmt wieder eine eckige und seitlich abgeflachte Form an. Unterhalb der Leistenfurche liegt eine dreiseitige Vertiefung, die Leistengrube, Fossa subinguinalis. Am unteren Teil der Vorderfläche liegt eine Hervorwölbung, das Knie, Genu, durch die Kniescheibe, Patella, bedingt. Gegenüber auf der Hinterfläche, durch Muskelwülste begrenzt, befindet sich die Kniekehle, Poples.

Der untere Teil des Beines, Unterschenkel, Crus, ist auf der vorderen Seite, Facies anterior, kantig, hinten abgerundet, beginnt als mächtige dreiseitige Pyramide, nimmt abwärts an Umfang noch zu, um sodann stark verjüngt beim Fuß anzulangen. An die Schienbeinkante des Unterschenkels schließt sich einwärts eine breite muskelfreie Fläche an, welche unten in eine Hervorragung übergeht, den inneren Knöchel, Malleolus medialis. Die Hinterfläche, Facies posterior, tritt unter der Kniekehle als starker Wulst, Wade, Sura, hervor, deren stärkste Erhebung am unteren Ende des oberen Drittels des Unterschenkels sich befindet.

In der Fortsetzung der Wade springt ein starker von der Achillessehne bedingter Längswulst vor und erstreckt sich bis zur Ferse. Zu beiden Seiten des Achillessehnenwulstes, zwischen ihr und den beiden Knöcheln, liegen vertiefte Stellen, welche ebenfalls zur Ferse herabziehen. Aus dem unteren Teil des Unterschenkels tritt, wie an der Innenseite, so auch an der Außenseite ein Knochenhöcker hervor, der äußere Knöchel, Malleolus lateralis, welcher an der Seitenfläche des Fußes weiter herabragt als der innere.

Der Fuß, Pes, ist bei aufrechter Körperstellung mit seiner Längsaxe nahezu rechtwinklig zur Längsaxe des Unterschenkels gestellt. Ausgesprochener, als an der Hand, macht sich am Fuß die Gewölbebildung geltend. Die Gewölbeform tritt sowohl in der Richtung von vorn nach hinten, als von einer Seite zur andern zu Tage. Der Fußrücken, Dorsum pedis, hat seine höchste Wölbung näher dem medialen als dem lateralen Rand. Der hintere Teil, Fußwurzel, Tarsus, ist stärker konvex, als der sich anschließende Mittelfuß, Metatarsus. Den hinteren Stützpunkt des Fußgewölbes bildet die Ferse, Calx, welche sich ein wenig hinter dem Achillessehnenwulst hervordrängt. Die Innenkante, Margo pedis medialis, der unteren Fußfläche ist bogenförmig vom Boden abgehoben. Sie erreicht den Boden erst wieder am hinteren Ende der großen Zehe, am vorderen Ende des ersten Mittelfußknochens. Die Außenkante, Margo pedis lateralis, dagegen erhebt sich kaum merklich. Die Fußsohle, Planta, ist in ihrem hinteren Abschnitt bedeutend schmaler, als im vorderen. Auf der Außenseite nimmt die Verbreiterung gleichmäßig zu bis zum vorderen Ende des Mittelfußes; auf der Innenseite erfolgt die Verbreiterung erst von der Mitte der Länge an. Die größte Breite erreicht die Fußsohle am Vorderende des Mittelfußes mit dem sogenannten Fußballen, welcher aus einer Reihe kleinerer Ballen zusammengesetzt ist. Die Ballenabteilung der großen Zehe ist die mächtigste.

Die Zehen, Digiti pedis, mit Ausnahme der großen Zehe kleiner als die Finger, erscheinen am Fuß als um so kleinere Anhänge, je ansehnlicher der ganze Fuß durch die machtvolle Entwicklung der Fußwurzel geworden ist. Die große Zehe, Hallux (Digitus I), ist über doppelt so breit, als die ihr folgende zweite. Ihre Beugefläche liegt mit derjenigen der übrigen Zehen (Digiti II—V) in gleicher Richtung. Die übrigen Zehen nehmen in ihrer Länge von der großen Zehe an allmählich ab, oder die zweite Zehe ragt ein wenig über die erste vor. Das Mittelglied ist stets das kürzeste. Die Nagelglieder der vier äußeren Zehen sind gegen den Boden gewendet und berühren diesen mit ihren Spitzen. An unverdorbenen Füßen liegt der innere Rand der großen Zehe nahezu in der Verlängerung des inneren Fußrandes. Die kleine Zehe, Digitus minimus (Digitus V), ist am kürzesten. Jede Zehe besitzt eine Facies dorsalis und plantaris, einen Margo lateralis und medialis.

Man kann sich die Aufgabe der Darstellung der Oberflächenform der einzelnen Körperabteilungen so hoch stellen, daß aus ihrer Erfüllung allein schon ein umfangreiches selbständiges Werk, die Anatomie der Oberflächen, hervorgehen würde. Denkt man sich, wie hier erforderlich, den Körper lebend und in Tätigkeit, so gewinnt das Gebiet in gleichem Maße noch an Ausdehnung, Tiefe und Schönheit; es geht aus einer solchen Behandlung die Anatomie des Lebenden hervor.

Sernow, D. N., Zur Frage der morphologischen Bedeutung des Schwanzanhanges beim Menschen. Sitz.-Ber. der anthropol. Ges. in Moskau Febr. 1901. — Waldeyer, W., Die Caudalanhänge des Menschen. Ber. der k. pr. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1906, XXXIV.

IV. Maß- und Gewichtsverhältnisse.

A) Maßverhältnisse.

Man unterscheidet

a) lineare Messungen, zu welchen auch Winkelmessungen gehören,
b) Flächenmessungen,
c) kubische Messungen.

An dieser Stelle kommen nicht die Maße der inneren Organe in Betracht, sondern solche Maße, welche sich auf den ganzen Körper, auf seine einzelnen Abteilungen, sowie auf Oberflächengebiete beziehen. Hierher gehört also auch die Lehre von den Proportionen (Größenverhältnissen) der Körperteile.

1) Lineare Messungen.

Lineare Messung des ganzen Körpers.

Die Messung der Länge des Körpers bestimmt entweder die Länge des Stammes, d. i. die wirkliche Körperlänge, Stammlänge; oder sie bestimmt die Länge des Körpers in aufrechter Stellung, Standlänge oder Standhöhe, oder in liegender Haltung. Da der Stamm des Körpers keine grade Säule darstellt, sondern die Form einer mehrfach gebogenen Linie besitzt, so gibt eine zwischen beiden Enden angelegte grade Linie nicht die wirkliche Länge. Man hat darum versucht, die Krümmungen jener Linie bei der Messung zu beachten und die gekrümmte Linie zu messen. Am vereinigten Hals und Rumpf, dem großen Rumpf, wie man beide Teile zusammen zum Unterschied vom Rumpf im engeren Sinne, dem kleinen Rumpf nennen kann, stößt die Durchführung auf keine größeren Schwierigkeiten, wohl aber bei der Hinzunahme des Kopfes. Es ist fraglich, ob überhaupt am Lebenden die wirkliche Stammlänge gemessen werden kann.[1] Wohl aber könnte die Messung geschehen an dem Medianschnitt von Leichen. Doch herrscht noch keineswegs Klarheit über die Lage des oberen und unteren Endpunktes der zu messenden krummen Linie. Ebenso kann man über die Endpunkte der etwa zu messenden geraden Linie im Zweifel sein.

Wenn man ferner bedenkt, daß nicht nur die Stammlängen von Menschen untereinander verglichen werden sollen, sondern auch mit den Stammlängen von Tieren, so steigt, wie man sofort erkennt, die Schwierigkeit der Bestimmung des hinteren Endpunktes. Dennoch ist es notwendig, schon von Anfang an das vergleichende Moment zu berücksichtigen, damit die richtige Grundlage der Messung sicherer gewonnen werde.

Einfach gestaltet sich dagegen die Messung der Standlänge oder Standhöhe. Sie bezeichnet den geraden Abstand zwischen Scheitel und Fußsohle, und ihre Messung pflegt bei aufrechter Stellung vorgenommen zu werden. Sie wird fälschlich häufig Körperlänge genannt. Das Maß der Standlänge fällt größer aus bei der Messung ausgestreckt auf ebener Fläche liegender Körper; größer des Morgens nach dem Schlafe, als des Abends vor dem Niederlegen.

Die mittlere Standlänge erwachsener Europäer schwankt zwischen 154 und 162 cm (Dechambre).

Für besonders wohlgebaute Individuen, welche die Mittelhöhe überschreiten, findet Zeising eine Standlänge von rund 172 cm.

Der weibliche Körper hat eine 8—16 cm kürzere Standlänge.

Das Wachstum ist durchschnittlich abgeschlossen mit dem 23. bis 25. Jahr.

Über die Standlänge des Neugeborenen sei bemerkt, daß sie im Mittel nicht ganz 50 cm erreicht. Der Neugeborene hat folglich ungefähr $^1/_3$ der Standlänge des Erwachsenen.

Zwillinge sind etwa 2 cm kürzer (Fesser); Kinder Erstgebärender etwa 0,5 cm kürzer (Fasbender).

Über das Längenwachstum des Säuglings in den ersten Monaten, sowie über die durchschnittliche Standlänge in den einzelnen folgenden Lebensjahren vergleiche H. Vierordts Tabellenwerk[2]), welches auch die nötigen Literaturnachweise gibt.

---

1) Vielleicht ließe sich dies ausführen mittels des Virchowschen Apparates. s. H. Virchow, Demonstration eines Apparates zum Anschreiben der Rückenkrümmung des Lebenden. Berl. klin. Wochenschrift 1886.

2) Anatomische, physiologische und physikalische Tabellen. 2. Aufl. Jena.

Was die Stammlänge betrifft, so ergibt sich als Maß des Abstandes zwischen Scheitel und Damm nach C. E. E. Hoffmann

für den Mann 98,5 bei einer Standlänge von 167,8 cm,
für das Weib 93,7 „ „ „ „ 156,5 „

Nach Hoffmann beträgt ferner die zugehörige

	bei Männern	bei Weibern
Kopfhöhe (Scheitel bis zum Unterkieferwinkel)	18,5 cm	17,4 cm
Halslänge (Hinterkopf bis Dorn des 7. Halswirbels)	24,6 „	23,4 „
Rumpflänge (7. Halswirbel bis Damm)	61,6 „	58,2 „
Beinlänge (Hüftkamm bis Fußsohle)	103,0 cm	98,4 cm
Armlänge (Schulterwölbung bis Spitze des Mittelfingers)	74,2 „	69,2 „
Schulterbreite (zwischen den Schulterwölbungen)	39,1 „	35,2 „
Hüftbreite (zwischen den äußeren Teilen der Darmbeinkämme)	30,5 „	31,4 „
Oberarm	31,2 „	29,0 „
Unterarm	24,6 „	22,8 „
Hand	18,4 „	17,4 „
Bein bis zum Trochanter	89,8 „	84,8 „
Oberschenkel (vom Trochanter bis zum Knie)	41,9 „	39,8 „
Unterschenkel	39,6 „	37,8 „
Fußhöhe (unterhalb des äußeren Knöchels)	7,8 „	7,8 „

Der wichtigen Oberflächenpunkte am Körper gibt es natürlich sehr viele, und es kann von Bedeutung sein, ihren gegenseitigen Abstand zu kennen. So ist die Zahl der bereits bestimmten Maße eine sehr große. Wenn wir bedenken, daß sich in diesen Maßen Tatsachen ausprägen, daß individuelle und Geschlechtsverschiedenheiten in den Maßen auftreten, daß die verschiedenen Altersstufen und Stammeseigentümlichkeiten in besonderer Weise die Maße beeinflussen, so ist auch der Nutzen sorgfältiger Messungen sofort ersichtlich. Aber noch in anderer Hinsicht spielen diese Maße eine Rolle. Um ein Beispiel anzuführen, so verlangt Fetzer für eine (zum Militärdienst) taugliche Brust als Minimum:

Exspirationsumfang	75—76 cm	Summe der drei Sagittaldurchmesser	46 cm
Inspirationsumfang	85	Oberer Frontaldurchmesser	26
Brustspielraum	5	Mittlerer „ „	35
Oberer Sagittaldurchmesser	12	Unterer „ „	19
Mittlerer „ „	16	Summe der drei Frontaldurchmesser	80
Unterer „ „	18		

Von nicht geringerer praktischer Bedeutung (für die Geburtshilfe) sind ferner selbst die äußeren Maße des von Weichteilen noch umgebenen Beckens.

Eine große Ausdehnung haben erreicht die Bestimmungen der äußeren Maße des Kopfes, d. i. des mit Weichteilen versehenen Schädels, sei es beim Erwachsenen oder beim Neugeborenen und in den verschiedenen Lebensaltern, bei beiden Geschlechtern und bei verschiedenen Rassen.

2. Flächenmessungen.

Nach C. Krause beträgt die Oberfläche des erwachsenen Körpers gegen 16000 qcm. Fubini und Ronchi bestimmten an einem 162 cm langen, 50 kg schweren Mann die Körperoberfläche zu 16 066.85 qcm. Funke fand 16 517 qcm.

Am eingehendsten sind die Untersuchungen von Meeh, welche auch das Ansteigen der Oberfläche in den verschiedenen Altersstufen berücksichtigen.

Ein Kind von 6 Tagen hatte 2504,8 qcm Gesamtoberfläche;
„ „ „ 6½ Monaten „ 4221,6 „ „
„ „ „ 6¾ Jahren „ 8018,2 „ „
„ „ „ 15¾ „ „ 14988,5 „ „

Die Körperoberfläche Erwachsener schwankte von 17 587,4 bis 22 434,9 qcm.

Bei einem 36 jährigen Manne betrug die Oberfläche:

des Kopfes	803,8 qcm	der oberen Extremität	1998,6 qcm
des Halses	456,6 „	des Oberschenkels	2021,6 „
des Rumpfes	2941,6 „	des Unterschenkels	1269,2 „
des Oberarmes	781,5 „	des Fußes	669,3 „
des Unterarmes	678,6 „	der unteren Extremität samt Beckengegend	5016,8 „
der Hand	538,5 „		

Die oberen Gliedmaßen mit dem Oberrumpf (Schwertfortsatz, unterer Rippenbogen, erster Lendenwirbel) ohne Hals und Kopf haben $^1/_3$ der Gesamtoberfläche.

Auf ein Kilogramm Körpergewicht kommen beim Erwachsenen ungefähr 300 qcm Körperoberfläche, sehr viel mehr bei Kindern, so beim sechstägigen Kinde 829 qcm, bei einem Kinde von $12^1/_2$ Monaten 562 qcm, bei einem $15^3/_4$ jährigen Kinde 421 qcm.

3) Kubische Messung.

Das Volumen bestimmte Krause bei einem Körpergewicht:
von 64 kg zu 57 110 ccm;
von 52 kg nahezu $^1/_{20}$ cbm.

Quetelet fand 71 900 ccm.

Nach Meeh beträgt das Volumen bei 20—45 jährigen Männern:
in der Phase der stärksten Inspiration 61 856 ccm,
„ „ „ „ „ Exspiration 59 028 „

Eine Kiste von 1 m Länge, 30 cm Breite und 20 cm Höhe ist hiernach imstande, den menschlichen Körper aufzunehmen.

B) Gewichtsverhältnisse.

1) Das spezifische Gewicht des Gesamtkörpers beträgt:
bei ruhiger Respiration nach mäßigem Ausatmen 1055,1 (Krause);
bei gänzlicher Luftleere der Lungen und des Darmes 1129,1.

Hermann bestimmte das spezifische Gewicht:
für 11—20 jährige zu 902,1;
für 21—40 jährige zu 934,5.

Meeh fand das spezifische Gewicht:
bei Kindern von $6^3/_4$—$13^1/_8$ Jahren im Mittel zu 1012,41;
bei Männern von 16—45 Jahren bei stärkster Exspiration zu 1028,02;
„ „ „ „ „ „ tiefster Inspiration zu 967,02.

2) Das Körpergewicht beträgt:
bei erwachsenen Männern 60—70 kg (Quetelet);
in rundem Mittel 65 „
bei erwachsenen Weibern 52—56 „ (Quetelet);
in rundem Mittel 55 „

Im Mittel kann in Mitteleuropa nach Vierordt das Körpergewicht des Neugeborenen in runder Ziffer zu 3250 g angenommen werden, und zwar:
von Knaben 3333 g (als Merkzahl),
von Mädchen 3200 g

Ein Zwilling ist bedeutend leichter, ein männlicher schwerer als ein weiblicher.

Über das Körpergewicht in den 52 ersten Lebenswochen orientiert folgende Zusammenstellung[1]):

Woche	Durchschnittswerte	Rektifizierte Vergleichswerte	Woche	Durchschnittswerte	Rektifizierte Vergleichswerte
1	3228 g	1000	22	6497 g	1937
2	3367	1235	23	6751	1964
3	3412	1096	24	6785	1996
4	3532	1135	25	6925	2037
5	3802	1199	26	7026	2067
6	3931	1250	28	7187	2125
7	4103	1301	30	7446	2192
8	4259	1363	32	7622	2262
9	4440	1421	34	7842	2328
10	4600	1472	36	8042	2376
11	4755	1521	38	8232	2426
12	4874	1565	40	8344	2508
13	5022	1613	42	8480	2549
14	5151	1659	44	8615	2590
15	5315	1700	46	8760	2633
16	5529	1768	48	8846	2669
17	5659	1808	50	9102	2709
18	5748	1844	52	10172	2748
19	5864	1881	(letztere Zahl nicht ganz sichergestellt.)		$2^3/_4$ des Anfangsgewichtes
20	6072	1928			
21	6390	1904 (!)			

1) K. Vierordt, Psysiologie des Kindesalters.

Nach Schütz verliert der 3306 g schwere Neugeborene in den ersten Lebenstagen 178,1 g = 5,39 Prozent des Anfangsgewichtes und erreicht letzteres am zehnten Tage, indem er vom dritten bis neunten Tage um 160,7 g zunimmt.

Was das Gewicht einzelner Körperteile betrifft, so entwirft Harleß für einen muskelkräftigen Mann folgende Tabelle:

Ganzer Körper		64,60 kg	Ganze untere Extremität		11,14 kg
Oberrumpf		23,07 „	Oberarm	einfach gerechnet	2,07 kg
Unterrumpf		6,56 „	Unterarm	einfach gerechnet	1,16 „
Ganzer Rumpf		29,63 „	Hand	einfach gerechnet	0,54 „
Oberschenkel	einfach gerechnet	7,16 „	Ganze obere Extremität		3,77 „
Unterschenkel	einfach gerechnet	2,81 „	Kopf		4,56 „
Fuß	einfach gerechnet	1,17 „			

Bezeichnet H die Körpergröße (Scheitel—Sohlenlänge), C den mittleren, über die Brustwarzen gemessenen Brustumfang (cm), P das Körpergewicht in g, so ist das zu erwartende Körpergewicht P nach Bornhardt:

$$\text{für mittlere Konstitution} = \frac{H \cdot C}{240}.$$

Ist das wirkliche Gewicht größer als das aus Körperlänge und Brustumfang berechnete, so liegt kräftige Konstitution vor, wenn kleiner, schwächliche.

Krause rechnet bei wohlproportionierten Körpern für 1 kg Gewichtszunahme etwa 3 cm Höhenzunahme

Man findet nach Meeh die Körperoberfläche (in qcm) für alle Lebensalter ziemlich genau nach der Formel $12{,}312 \sqrt[3/2]{g}$, wobei das gefundene Gewicht in *g* ausgedrückt ist. Für Kinder und Knaben ist die Konstante genauer mit 11,97 anzusetzen.

Das Gewicht der beiden symmetrischen Körperhälften ist nicht gleich, sondern es pflegt dasjenige der rechten Körperhälfte zu überwiegen.

Der Schwerpunkt des ganzen Körpers liegt bei aufrechter Körperhaltung im Kanal des Kreuzbeines, über dem zweiten Kreuzwirbel (H. Meyer). Nach Entfernung der unteren Extremitäten liegt er an der Vorderfläche der Wirbelsäule zwischen dem neunten und zehnten Brustwirbel.

Kohlbrügge, J. H. F., Mitteilungen über die Länge und Schwere einiger Organe bei Primaten. Zeitschrift für Morphol. und Anthropol. II, 1900. — Vergleicht man die prozentischen Gewichte der Organe bei den erwachsenen Weibchen und Männchen von Semnopithecus, so ergibt sich, daß die Weibchen ein höheres Prozentgewicht haben für Gehirn, Leber, Nieren und Milz, als die Männchen; gleiches gilt vom Menschen. — Livi, R., L'indice ponderal ou rapport entre la taille et le poids. Arch. italiennes de Biol. XXXI, 1899. — Daffner, F., Das Wachstum des Menschen. Leipzig 1897. — v. Lange, E., Die normale Körpergröße des Menschen von der Geburt bis zum 25. Lebensjahre. München 1896. — Camerano, L., L'étude quantitative des organismes et le coefficient somatique. Arch. italiennes de Biol. XXXIII, 1900. — Derselbe, La longueur base dans la méthode somatométrique en zoologie. Arch. ital. de Biol. XXXVI, 1901.

V. Axen, Ebenen, Lagen und Richtungen. (Anatomische Terminologie.)

Es ist bereits untersucht worden, welches Axensystem im Bauplan des Körpers Anwendung gefunden hat:

eine Längsaxe, in welcher Asymmetrie,
eine Queraxe, in welcher Symmetrie, und
eine Dorsoventralaxe, in welcher Asymmetrie sich ausprägt.

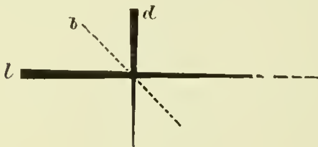


Fig. 232.
l Längsaxe; *b* Queraxe; *d* Dorsalventralaxe.

Die durch die Längsaxe gelegte, auf den beiden anderen Axen senkrechte Ebene stellt die Medianebene des Körpers dar. Sie zerlegt den Körper in zwei annähernd symmetrische Hälften.

Ebenen, welche der Medianebene parallel durch den Körper ziehen, heißen sagittale Ebenen; auch die Medianebene ist eine Sagittalebene, aber eine von besonderer Bestimmtheit.

Ebenen, welche in querer Richtung durch den Körper gelegt werden und senkrecht auf der Medianebene stehen, werden Querebenen, Transversalebenen, genannt, entsprechend der aufrechten Stellung des Menschen auch Horizontalebenen.

Ebenen, welche senkrecht zur Medianebene durch den Körper gelegt werden und bei aufrechtstehendem Körper vertikal stehen und quere Richtung haben, heißen Frontalebenen.

In demselben Sinne spricht man auch von Sagittalschnitten, Querschnitten, Frontalschnitten und ebensolchen Axen (Fig. 233).

Um zu bezeichnen, was der Medianebene näher oder entfernter liegt oder gerichtet ist, bedient man sich der Ausdrücke medial und lateral. Für die Bezeichnung der Richtung bedient man sich der Adverbia medianwärts, lateralwärts.

In dem Axenschema der Fig. 234 ist der Mensch in eine Lage gebracht, wie sie den übrigen Wirbeltieren natürlich ist. Seine eigene natürliche Haltung ist jedoch die aufrechte. Dieser Umstand ist bei der Vergleichung zu berücksichtigen. Das vorn wird bei der Aufrichtung zum oben, das hinten zum unten, das unten zum vorn, das oben zum hinten.

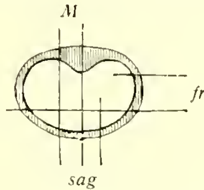


Fig. 233.

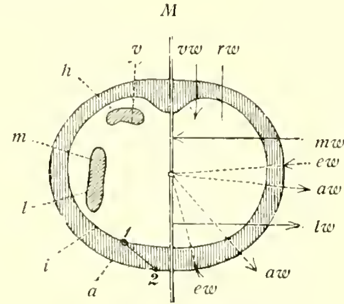


Fig. 234.

Fig. 232. **Horizontalschnitt des Körpers,** schematisch.
M Medianebene; *sag* sagittale Axen, Ebenen oder Schnitte; *fr* frontale Axen, Ebenen oder Schnitte. (Nach Pansch.)

Fig. 233. **Schematischer Horizontalschnitt des Körpers mit einer Darstellung der Bezeichnungen für Richtungen** usw.
M Medianebene; *a* äußere Seite der Körperwand; *i* innere Seite der Körperwand; *aw* auswärts; *ew* einwärts; *h* hintere Fläche; *v* vordere Fläche; *l* laterale Fläche; *m* mediale Fläche; *lw* lateralwärts; *mw* medianwärts; *rw* rückwärts; *vw* vorwärts. 1—2 schräge Richtung.

Die Ausdrücke craniale, proximale Lage und Richtung erklären sich aus den Gegensätzen, caudale, distale Lage und Richtung von selbst; ebenso dorsale Lage und Richtung gegenüber der ventralen. Von den Ausdrücken proximal und distal ist nur zu bemerken, daß sie sich auf die dem Stamme nähere oder entferntere Lage von Stellen der oberen und unteren Extremitäten beziehen. Durch die Ausdrücke radialis, ulnaris, tibialis, fibularis werden an den Extremitäten die Beziehungen zu den entsprechenden Knochen bezeichnet. Dadurch wird die Orientierung unabhängig von der Stellung, in welcher die Extremität sich zum Körper befindet. Die Streckseiten der Extremitäten werden aber als dorsale bezeichnet, die Beugeseiten des Vorderarmes und der Hand als volare, die des Fußes als plantare Flächen. Bei dem Seh- und Gehörapparat ist eine Anzahl besonderer Lagebezeichnungen notwendig und gebräuchlich. Die Ausdrücke links und rechts führen zu keinen Verwechslungen. Die Ausdrücke innen und außen werden nur gebraucht in bezug auf Lagebeziehungen von Hohlräumen. Die Ausdrücke superficialis und profundus werden benutzt zur Bezeichnung der Entfernung von der Oberfläche des ganzen Körpers oder eines Organs. Wo eine Verwechslung ausgeschlossen erscheint, entsprechen die gewählten Bezeichnungen immer der aufrechten Haltung des Menschen. Fig. 234 orientiert über das Angegebene.

Hier folgt eine Zusammenstellung der gebräuchlichen Ausdrücke für Lage und Richtung (nach den B. N. A.):

1. Termini generales:

verticalis	medialis	ventralis	longitudinalis	inferior
horizontalis	intermedius	dorsalis	transversus [1]	superficialis (sublimis)
medianus	lateralis	internus	cranialis	profundus
sagittalis	anterior	externus	rostralis [2]	
frontalis	medius	dexter	caudalis	
transversalis	posterior	sinister	superior	

2. Termini ad extremitates spectantes:

	proximalis	radialis	tibialis
	distalis	ulnaris	fibularis.

1) Quer zur Axe des betreffenden Organs; transversalis quer zur Körperaxe.

2) Den vorderen oder Kopfpol der Körperaxe bezeichnend.

Siebenter Abschnitt.

Organe, Apparate, Systeme.

1. Allgemeine Einteilung.

Definition: Ein Organ besteht aus einem oder mehreren Geweben und verbindet mit bestimmter Form eine bestimmte Funktion. Aus einer Anzahl verschiedener Organe baut sich die höhere funktionell zusammengehörige Einheit auf, der Apparat oder das System (s. S. 68).

Schon bei den Protisten fehlt es nicht ganz an Einrichtungen, welche den Wert von Werkzeugen besitzen. Pseudopodien, Wimperfäden, Schutzhüllen der verschiedensten Art, sowie mannigfaltige innere Gliederungen sind als solche zu bezeichnen.

Alle Multicellulaten, so hoch ihre Organisation auch stehen mag, fangen das Dasein mit einer Stufe an, welche der Protistenstufe entspricht. Bald aber führt ihre Entwicklung zu weitergehenden Sonderungen. Auf der Stufe der Gastrula sind zwei Primitivorgane zur Anlage gekommen, die beiden primären Keimblätter, von welchen schon auf S. 153 gehandelt worden ist. Die Primitivorgane bringen in der Folge alle jene kleineren oder größeren sekundären Organe hervor, deren ein höherer Tierkörper und auch der Körper des Menschen viele Millionen besitzt.

Mag ein Organ noch so einfach oder noch so zusammengesetzt sein, so sind sie alle, wie wir schon aus früherem wissen, auf die Zelle zurückzuführen; dies gilt auch hinsichtlich der Funktion. Die Funktion der Leber z. B. ist die Summe der Funktionen aller einzelnen Leberzellen.

In der Ausbildung von Organen spricht sich das Prinzip einer Arbeitsteilung aus. Je mehr ein Werkzeug, nach einer von Aristoteles herrührenden Begriffsbestimmung, nicht auf die verschiedensten Funktionen, sondern auf eine bestimmte Funktion eingerichtet ist, umso vollkommener ist es zu nennen. Je mehrgliedriger in einem Organismus die Funktionen, je mannigfaltiger die sie hervorbringenden Organe sind, umso höher ist im allgemeinen die Organisationsstufe eines Wesens.

Dringt man nach Kenntnisnahme der allgemeinsten Verhältnisse weiter zu den Eigentümlichkeiten der Organisation vor, so bringt die individuelle Entwicklung eine Reihe merkwürdiger Erscheinungen auf diesem Gebiet hervor.

Es gibt, wie die Entwicklung zeigt, transitorische Organe. Sie wurden ausgebildet, leisteten eine Zeit hindurch ihre Arbeit und verfallen darauf dem Untergang; ein Teil solcher Organe wird sogar abgeworfen (Eihäute, Nabelschnur, Placenta).

Eine zweite Reihe besonderer Organe sind diejenigen, bei welchen im Lauf der Entwicklung ein Funktionswechsel auftritt: Wechselorgane. Der

Wolffsche Gang, d. i. der Ausführungsgang der Vor- und Urniere, wird zum Samengange umgestaltet. Teile der Urnierenkanälchen werden zum Nebenhoden.

Eine dritte Reihe von Organen wird zwar angelegt und bis zu einer gewissen Stufe entwickelt, erhebt sich aber nicht zu höheren Stufen, sondern bleibt stehen: rudimentäre Organe. Ihre Funktion ist entweder ebenfalls rudimentär oder fehlt ganz (Zirbeldrüse, Hirnanhang, Uterus masculinus).

Der erwachsene menschliche Körper besitzt folglich nicht alle Organe, welche während seiner Entwicklung zur Anlage gekommen sind, sondern weniger. Diejenigen, welche er noch besitzt, sind zu einem Teil Wechselorgane, zu einem Teil rudimentäre Gebilde, zu einem anderen, allerdings größten Teil ungewechselte Vollorgane. Auch den rudimentären Organen kommt eine hohe, morphologische Bedeutung zu, so niedrig sie in ihrer Funktion auch stehen. Wo sie vorhanden sind, weisen sie auf bestimmte Tierformen hin, bei welchen sie im ausgebildeten Zustande vorkommen und auch eine entsprechende Funktion besitzen. [1])

Die verschiedenen Organe, welcher Art sie sein mögen, zeigen sich im Körper nicht etwa in irgend einer Weise blind durcheinander gewürfelt, sondern es ist ein gesetzmäßiger Plan ihrer Unterbringung und Verteilung vorhanden. Beim Menschen folgt dieser Plan den für alle Wirbeltiere, in erster Linie für die Säugetiere geltenden Regeln, d. i. dem Wirbeltier- und Säugetiertypus. Es gibt in anderen Tierkreisen andere Typen der Organisation, wenn es auch nirgends an Übergängen fehlt.

Die Medianebene teilt den Säugetierkörper in zwei symmetrische Hälften. In nächster Nachbarschaft der Medianebene und von ihr durchschnitten liegen die unpaaren Organe. Doch folgen diese der Regel, daß sie aus zwei symmetrischen Hälften bestehen (Wirbel, Rückenmark, Darm, Leber, Herz). Teils in unmittelbarer Nachbarschaft der Medianebene, teils lateral von ihr sind paarige Organe vorhanden (Muskeln, Rippen, Lungen, Nieren).

Aber nicht allein links und rechts von der Medianebene hat sich eine Gliederung der Organe ausgeprägt, sondern auch in cranio-caudaler Richtung, d. h. längs der Medianebene. Die links und rechts gelegenen, einander entsprechenden Organe stellen Gegenstücke, Antimeren, dar. Die in der Längsaxe aufgereihten Organe sind Folgestücke, Metameren. Diese Folgestücke können mehr oder weniger einander ähnlich, mehr oder weniger voneinander getrennt oder von Anfang an ungetrennt geblieben sein (Wirbel, segmentale Muskeln, Keimdrüse jeder Seite, Haut).

Der Begriff des Organismus als eines Ganzen, dessen einzelne Teile harmonisch zusammenwirken zur Entfaltung der Lebensfunktionen des Individuums bringt es mit sich, daß alle funktionierenden Organe in bezug auf ihr Wesen, ihre Größe und Einrichtung in einer inneren Beziehung zu einander stehen. Keines der Organe, welches seinen Platz vollständig ausfüllt, kann in irgend einer Weise verändert werden, ohne Rückwirkungen auf andere Organe und also auf das Ganze nach sich zu ziehen.

So wird es nicht auffallen, daß selbst innerhalb der Säugetierreihe eine große Mannigfaltigkeit der einander entsprechenden, d. h. homologen Organe vorhanden ist. Ja, die Unterschiede, z. B. im Knochensystem, Muskelsystem, Nervensystem,

---

1) Wiedersheim, R., Der Bau des Menschen als Zeugnis für seine Vergangenheit. II. Auflage Freiburg 1893.

können staunenswerte Grade erreichen. Begreiflich genug, daß niemand die Organe des Menschen kennen wird, der nicht die Organisation der Tiere kennt.

Doch sind die Organe des Menschen nicht allein von jenen der Tiere, auch der am meisten benachbarten, mehr oder weniger verschieden, sondern sie sind auch innerhalb des Menschengeschlechts selbst von einander in gewissen Grenzen verschieden. Die individuelle Variation ist so groß, daß absolute Symmetrie nicht einmal auf beiden Hälften eines und desselben Körpers vorhanden ist. Um so viel weniger ist absolute Gleichheit der Organe bei zwei Menschen vorhanden.

Der Grad individueller Variabilität der Organe ist über Erwarten groß. Nehmen wir die Schwankungen der Organe hinzu, welchen die Alterstufen, das Geschlecht, die Rasse, der Stamm bedingen, so steigt das Maß der Verschiedenheit noch ansehnlich.

Am wichtigsten sind jene Varietäten der Organe, welche Übereinstimmungen darbieten mit normalen Zuständen bei Tieren. Man nennt solche Varietäten Theromorphien. Sie kommen in allen Systemen vor.

Zwar sind alle Theromorphien unmittelbar bedingt durch Abweichungen der embryonalen Entwicklung. Es gibt indessen auch Abweichungen der embryonalen Entwicklung, welche nach anderen als theromorphischen Zielen gehen. Ein Stehenbleiben auf niedrigerer Entwicklungsstufe, eine alineierte Weiterbildung trotz vorhandener Entwicklungshemmung, das Einschlagen falscher Entwicklungsbahnen, kann jeden Körperteil auf jeder Stufe treffen. Wo aber Theromorphien vorkommen, da ist es leicht verständlich, daß sie im Sinne der Transmutationstheorie — als Rückschläge näherer oder entfernterer Art (Atavismus) —, als atavistische Varietäten angesehen werden können. Hiermit ist bereits die Bahn in das pathologische Gebiet betreten. Mit Leichtigkeit aber ergibt sich aus diesen Betrachtungen, daß gegenüber der großen Variabilität der Organe in vielen Fällen unüberwindliche Schwierigkeiten vorliegen müssen, die Grenze der Norm zu bestimmen.

Die Organsysteme des Körpers kann man einteilen in zwei koordinierte Gruppen, in eine Gruppe, welche der **Erhaltung des Individuums,** und in eine zweite, welche der **Erhaltung der Art** dient. Letztere Organe heißen Geschlechtsorgane, Organa sexualia, Genitalien.

Man unterscheidet im ganzen neun Organsysteme, und zwar:

1. das Skeletsystem (Knochen und Bänder);
2. das Muskelsystem;
3. den Verdauungsapparat }
4. den Atmungsapparat } das Eingeweidesystem;
5. den Harn- und Geschlechtsapparat }
6. das Gefäßsystem;
7. das Nervensystem;
8. die Sinnesorgane;
9. das Integument (die allgemeine Körperbedeckung oder äußere Haut).

2. Gewichtstabellen der Körpersysteme.

Dem Gewichte nach sind die einzelnen Organsysteme in sehr verschiedener Weise am Aufbau des Körpers beteiligt. Eine Vorstellung, in welchem Maße dies geschieht, erhält man aus folgender Tabelle, welche nach Wägungen von E. Bischoff und G. von Liebig zusammengestellt ist. Aus derselben ersieht man, daß von allen Körpersystemen die Muskulatur an Gewicht die erste Stelle einnimmt und das Skeletsystem sich unmittelbar anschließt.

Untersucher	Liebig	Liebig	Bischoff	Bischoff	Bischoff
Geschlecht	Mann I	Mann II	Mann I	Mann II	Weib
Alter	ca. 35 J.	ca. 35 J.	33 J.	16 J.	22 J.
Größe (Standlänge)	—	—	1,68 m	1,51 m	1,59 m
Körpergewicht	55,749 kg	76,511 kg	69,668 kg	35,547 kg	55,400 kg
Skelet	11,464	13,941	11,080	8,436	8,390
Muskeln	23,062	32,193	29,102	15,722	19,846
Haut	3,516	4,234	4,850	} 4,023	3,175
Fett	6,159	11,028	12,510		15,670
Eingeweide mit Nervensystem und Sinnesorganen	8,616	10,034	7,006	} 7,365	6,763
Magen- und Darminhalt	—	0,175	0,872		} 1,107
Harn	—	—	0,146		
Blut	0,412	0,815	3,418	—	—
Verlust und Verdunstung	0,336	0,984	0,624	—	0,349

Für die einzelnen Körperabteilungen wurden die Gewichte der Knochen und Muskeln von beiden Untersuchern besonders bestimmt; es sind die folgenden:

		Liebig	Liebig	Bischoff	Bischoff	Bischoff
		Mann I	Mann II	Mann I	Mann II	Weib
Stamm	Skelet	6,220	7,317	5,255	—	3,990
	Muskeln	6,130	9,728	7,978	4,141	—
Rechter Arm	Skelet	0,708	0,876	0 964	—	0,600
	Muskeln	1,733	2,324	2,992	1,445	—
Linker Arm	Skelet	0,669	0,786	0,909	—	0,600
	Muskeln	1,621	2,095	2,682	1,484	—
Rechtes Bein	Skelet	1,933	2,510	1,850	—	1,600
	Muskeln	6,789	9,165	7,732	4,453	—
Linkes Bein	Skelet	1,933	2,451	1,972	—	1,600
	Muskeln	6,789	8,882	7,719	4,199	—

Endlich wollen wir noch die Gewichtsverhältnisse zweier Neugeborenen, wie sie von Bischoff gefunden wurden, hier beifügen:

	Männlich	Weiblich
Körpergewicht	2,300	2,969
Skelet	0,426	0,467
Muskeln	0,550	0,701
Haut	} 0,480	0,337
Fett und Bindegewebe		0,406
Nervensystem und Sinnesorgane	0,500	0,388
Eingeweide	0,422	0,495
Blut und Verlust	0,123	0,175

Setzt man das Gesamtgewicht des erwachsenen menschlichen Körpers = 1000, so entfallen (E. Bischoff) auf:

Bewegungsapparat (Skelet und Muskulatur)	724,5 ‰
Allgemeine Bedeckungen	88,0 „
Verdauungsapparat	57,7 „
Atmungsapparat	9,4 „
Harnapparat	9,0 „
Geschlechtsapparat	2,0 „
Kreislaufsorgane	74,1 „

Von den beiden wesentlichen Bestandteilen des Körpers bildet das Skeletsystem $^1/_5$—$^1/_7$, die Muskulatur etwas über $^2/_5$ des Gesamtgewichtes.

Register.

C.

D.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

Therapeutische Technik für die ärztliche Praxis.

Ein Handbuch für Ärzte und Studierende.

Herausgegeben von

Prof. Dr. **Julius Schwalbe,**

Berlin.

M. 20.—, Halbfranz geb. M. 23.—.

INHALT:

. . . So ist ein Werk entstanden, welches dem Praktiker die besten Dienste leisten wird, eine ausgezeichnete Ergänzung der Lehrbücher nach der therapeutisch-technischen Seite hin, ein unentbehrliches Nachschlagebuch für den, der nicht die Spezialisten gleich bei der Hand hat oder sich von diesen möglichst emanzipieren will, ein *ungemein nützliches Werkzeug für die Ausbildung der Studierenden,* für die Fortbildung des praktischen Arztes. **(Excerpta medica.)**

Vorlesungen über soziale Medizin

von

Prof. Dr. **Th. Rumpf,**

Bonn.

M. 8.—, geb. M. 9.—.

. . . Das Buch verdient *uneingeschränktes* Lob, der *Studierende nehme es als Vorbereitung für seinen Beruf,* der *Arzt als Führer in dem Gewirr der rechtlichen Beziehungen,* denen er unterliegt und die Instanzen der Arbeiterversicherungen mögen es zur Beseitigung falscher Vorurteile und zur Regelung ihres Verhältnisses zu den Ärzten eingehend lesen. **(Deutsche Medizinische Wochenschrift.)**